Lith. 314 9d Naumann

Lehrbuch der Geognosie.

Lehrbuch der Geognosie.

958

Lehrbuch

der

GEOGNOSIE

von

Dr. Carl Friedrich Naumann,
Professor an der Universität Leipzig.

Erster Band.

Mit 306 Figuren in Holzschnitt.

Leipzig,
Verlag von Wilhelm Engelmann.
1850.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Herrn

LEOPOLD VON BUCH,

Teutschlands grösstem Geologen

aus

innigster Hochachtung

gewidmet

vom

Verfasser.

Vorwort.

Bei einem Lehrbuche, welches bestimmt ist, den Schüler in die Vorhallen der Wissenschaft einzuführen, kann es weniger darauf ankommen, den ganzen Reichthum ihres Inhaltes zur Darstellung zu bringen, als vielmehr darauf, die wichtigsten Ergebnisse der zeitherigen Forschung in einer verständlichen und übersichtlichen Form zusammen zu fassen. Dieser letzteren Forderung einigermaassen zu entsprechen, möchte aber auch Demjenigen möglich sein, welcher, mit geringeren Hilfsmitteln und Kräften ausgestattet, während eines vieljährigen Lehrberufes Gelegenheit hatte, sich selbst darüber zu belehren, welche Abschnitte der Wissenschaft bei jener ersten Einführung in ihr Gebiet vorzugsweise zu berücksichtigen, und in welcher Form und Reihenfolge sie dem Schüler am leichtesten zugänglich zu machen sein dürften.

Und so wage ich es denn, gegenwärtigen Versuch einer Zusammenstellung der wichtigsten Lehren der Geognosie der Oeffentlichkeit zu übergeben; ein Versuch, welcher wenigstens seiner äusseren Einrichtung nach möglichst darauf berechnet ist, durch die Anordnung und Darstellung des gebotenen Materials die etwaige Mangelhaftigkeit desselben zu ersetzen.

Da es nicht in meinem Plane lag, ein vollständiges Lehrbuch der Geologie in ihrem ganzen Umfange zu liefern, so sah ich

mich genöthigt, einige zum Verständnisse der eigentlichen Geognosie ganz unentbehrliche Lehren aus der Geologie des Erdganzen vorauszuschicken, welchen wohl auch gewisse Lehren aus der Hydrographie hätten beigefügt werden können, die ich jedoch im zweiten Bande, bei der Betrachtung der neuesten, noch fortgehenden Bildungen nachzuholen gedenke. Der erste Band wird, ausser den erwähnten Abschnitten aus der Geologie des Erdganzen, den präparativen Theil der Geognosie enthalten, während im zweiten Bande die einzelnen Gebirgsformationen in ihrer natürlichen Aufeinanderfolge, also in aufsteigender Ordnung, dargestellt werden sollen. Möge es mir gelingen, die Schwierigkeiten der nun einmal übernommenen Aufgabe so weit zu überwinden, um, neben so manchem trefflichen Werke ähnlicher Art, auch diesem Lehrbuche einige Brauchbarkeit zu sichern.

Leipzig, den 18. October 1848.

Carl Friedrich Naumann.

Inhalt.

Einleitung. Seite

§. 1. Begriff der Geologie 1
§. 2. Aufgabe der Geologie 4
§. 3. Allgemeine Eintheilung der Geologie 6
§. 4. Chthonographie, oder Geognosie der festen Erdkruste 8
§. 5. Chthonologie, oder Geologie der festen Erdkruste 10

I. Einige Lehren aus der Geognosie des Erdganzen.

Erstes Capitel.

Gestalt und Grösse der Erde.

§. 6. Allgemeine kugelförmige Gestalt der Erde 13
§. 7. Abweichungen der Erde von der Kugelgestalt 15
§. 8. Bestimmung der Form des Erdsphäroides durch Gradmessungen 17
§. 9. Ellipsoidform und Abplattung der Erde 19
§. 10. Theoretischer Beweis für die Polar-Abplattung der Erde 22
§. 11. Bestimmung der Gestalt der Erde durch Pendelschwingungen 26
§. 12. Unregelmässigkeiten der Gestalt der Erde 29

Zweites Capitel.

Mittlere Dichtigkeit der Erde.

§. 13. Begriff derselben und Methoden ihrer Bestimmung 32
§. 14. Methode durch die Ablenkung des Bleilothes 34
§. 15. Methode durch Pendelschwingungen auf hohen Bergen 36
§. 16. Methode durch die Drehwaage 37
§. 17. Folgerungen 39

Drittes Capitel.

Temperatur des Erdinnern; Geothermik.

§. 18. Beständigkeit der Temperatur in geringer Tiefe 41
§. 19. Nachweis eines Wärmeschatzes im Erdinnern 43
§. 20. Beobachtungen in Artesischen Brunnen 46
§. 21. Beobachtungen in Bergwerken 49
§. 22. Fortsetzung 51
§. 23. Auffallend kleine Werthe der Tiefenstufe 54
§. 24. Ursachen der Verschiedenheit der geothermischen Tiefenstufe 56

Seite
§. 25. Abhängigkeit der geotherm. Tiefenstufe von der Reliefform des Landes. 58
§. 26. Wahrscheinliches Gesetz der Wärmezunahme. 62
§. 27. Resultate und weitere Folgerungen. 64
§. 28. Feurigflüssiger Zustand des Erdinnern. 66
§. 29. Zweifel gegen den feurigflüssigen Zustand des Erdinnern. 69
§. 30. Dicke der starren Erdkruste. 73

Viertes Capitel.
Vulcanismus der Erde.

§. 31. Einleitung; Begriff des Vulcanismus. 76

A. *Formale und topische Verhältnisse der Vulcane.*

§. 32. Begriff eines Vulcans; thätige und erloschene Vulcane. 78
§. 33. Formen der Vulcane; Eruptionskegel und Erhebungskegel. 80
§. 34. Dimensionen der Vulcane und Kratere. 83
§. 35. Lage der Vulcane in Bezug auf Land und Meer. 86
§. 36. Vulcanreihen und Vulcangruppen. 88
§. 37. Vulcanische Gegenden in Europa. 91
§. 38. Vulcane in und um Africa. 94
§. 39. Vulcane in und um Asia. 97
§. 40. Ostasiatischer Vulcangürtel. 100
§. 40a. Fortsetzung. 102
§. 41. Vulcane in und um Südamerika. 105
§. 42. Vulcane Nordamerikas. 109
§. 43. Vulcane Australiens, der Polarländer und des grossen Oceans. 113
§. 44. Folgerungen. 115

B. *Wirkungen der Vulcane.*

a) Wirkungen im Zustande der Ruhe.

§. 45. Aushauchungen von Dämpfen und Gasen. 118
§. 46. Schlackenauswürfe, Auf- und Niedersteigen und ruhiges Ausfliessen der Lava. 124

b) Wirkungen im Zustande der Aufregung.

§. 47. Uebergang zur Eruption und Vorzeichen derselben. 127
§. 48. Feuerschein, Gewitter und vulcanisches Getöse. 130
§. 49. Auswürfe von Schlacken und vulcanischem Sande. 134
§. 50. Auswürfe von vulcanischer Asche. 137
§. 51. Wirkungen der Schlackenauswürfe, der Sand- und Aschenregen. . . . 143
§. 52. Bildung vulcanischer Berge und Inseln durch lose Auswürflinge. . . . 146
§. 53. Lava-Eruptionen; Gipfel- und Seiten-Ausflüsse. 154
§. 54. Ausfluss der Lava und Bewegung der Lavaströme. 159
§. 55. Geschwindigkeit der Lavaströme und Abhängigkeit ihrer Beschaffenheit von der Neigung des Terrains. 163
§. 56. Grosse Hitze und langsame Erkaltung der Lavaströme. 166
§. 57. Exhalationen der Lavaströme. 171
§. 58. Grösse und Effecte der Lavaströme. 174

Seite
§. 59. Bildung permanenter Vulcane durch Erhebung. 179
§. 60. Bergeinstürze und Explosionskratere. 185
§. 61. Wasser und Schlammausbrüche mancher Vulcane. 189

C. *Erdbeben und Dislocationen der Erdkruste.*

§. 62. Begriff und allgemeine Verhältnisse der Erdbeben. 193
§. 63. Modalität der Bewegung bei den Erdbeben. 198
§. 64. Bestimmung der Richtung der Erdschwankungen; Seismometer 202
§. 65. Unterirdisches Getöse und andere die Erdbeben begleitende Erscheinungen. 204
§. 66. Angebliche Vorzeichen und meteorologische Symptome der Erdbeben. . 208
§. 67. Abhängigkeit der Erdbeben von den Jahreszeiten. 212
§. 68. Dauer, Repetition, angebliche Periodicität und Synchronismus der Erdbeben. 216
§. 69. Verschiedene Propagationsformen der Erdbeben. 220
§. 70. Propagationsgrösse oder Ausdehnung der Erdbeben. 225
§. 71. Abhängigkeit der Erdbeben von geotektonischen Verhältnissen. 229
§. 72. Fortsetzung; verschiedenes Verhalten der äusseren und inneren Theile. 232
§. 73. Wirkungen der Erdbeben; Spaltung des Bodens. 235
§. 74. Ausschleuderung von Wasser, Sand und Schlamm. 238
§. 74a. Wirkungen der Erdbeben auf Quellen, Flüsse, Seen und das Meer. . . 241
§. 75. Permanente Hebungen des Erdbodens durch Erdbeben. 247
§. 76. Beispiele von Hebungen durch Erdbeben. 250
§. 77. Permanente Senkungen des Bodens durch Erdbeben. 255
§. 78. Beweise vorgeschichtlicher Hebungen des Landes und Meeresgrundes. . 257
§. 79. Hebungen an den Küsten des Mittelländischen und Atlantischen Meeres. 263
§. 80. Hebungen im Norden Europas. 268
§. 81. Senkungen des Landes und Meeresgrundes. 275

D. *Ursache der Erdbeben und vulcanischen Eruptionen.*

§. 82. Identität der Grundursache der Erdbeben und der vulcan. Eruptionen. . 281
§. 83. Ursache der Erdbeben und vulcanischen Eruptionen. 286

E. *Salsen, Gasquellen und heisse Quellen.*

§. 84. Salsen oder Schlammvulcane. 294
§. 85. Gasquellen oder Erdfeuer. 298
§. 86. Heisse Wasserquellen. 304

II. Chthonographie oder Geognosie der festen Erdkruste.

§. 87. Uebersicht und Eintheilung. 311

Präparativer Theil.

Erster Abschnitt.

Morphologie der Erdoberfläche.

§. 88. Allgemeine Configuration; Land und Meeresgrund. 313

I. Morphologie des Landes.

1) Contourformen des Landes.

Seite
§. 89. Allgemeine Aehnlichkeit der Contourformen der Continente 314
§. 90. Gliederung der Continente; allgemeine Gliederungsformen 316
§. 91. Gliederung Afrikas und des Europäisch-Asiatischen Continentes 318
§. 92. Gliederung Europas . 319
§. 93. Gliederung Asias . 321
§. 94. Gliederung Amerikas . 322
§. 95. Gliederung Neuhollands und Uebersicht 324
§. 96. Von den Inseln . 325
§. 97. Theoretische Ansichten über die Contourformen der Länder 327

2) Reliefformen des Landes.

A. *Allgemeine Bestimmungen.*

§. 98. Höhen, Volumen und Profile des Landes 329
§. 99. Mittlere Höhe der Continente 331
§. 100. Hochland und Tiefland . 332
§. 101. Flachland und Bergland; Gebirgsländer und Plateauländer 333
§. 102. Neigungsverhältnisse des steigenden und fallenden Terrains 335

B. *Von den Gebirgen.*

§. 103. Begriff des Gebirges . 337
§. 104. Kettengebirge und Massengebirge 338
§. 105. Rücken, Abfall, Fuss der Gebirge 340
§. 106. Höhe der Gebirge; Kamm- und Gipfelhöhe 342
§. 107. Richtung der Gebirgsketten 344
§. 108. Allgemeine Gliederung der Gebirge 346
§. 109. Allgemeine Physiognomie der Gebirge 349
§. 110. Specielle Gliederung der Gebirge; Thäler, Jöcher 350
§. 111. Haupt- und Nebenthäler und Jöcher, Profile 352
§. 112. Gliederung des Gebirgsrückens und der Gebirgsjöcher 353
§. 113. Berge und Hügel . 355
§. 114. Quer- und Längenthäler, Thalengen und Thalweitungen 356
§. 115. Verlauf der Thalgehänge; Thalsporne, Thal- und Uferterrassen 358
§. 116. Neigung der Thalsohle, Thalanfänge, Thalstufen, Thaldämme 361
§. 117. Schwemmkegel, Sturzkegel, Uferdämme 363

C. *Plateaus, Bergland, Hügelland, Tiefland.*

§. 118. Begriff der Plateaus . 366
§. 119. Ausdehnung, Begränzung, Neigung, Stufen der Plateaus 367
§. 120. Bergland und Hügelland . 369
§. 121. Tiefländer; allgemeine Verhältnisse derselben 370
§. 122. Reliefformen der Tiefländer 371
§. 123. Weitere Gestaltung des Tieflandes 373

D. *Einige besondere Reliefformen des Landes.*

Seite
§. 124. Vulcane und vulcanische Berge. 376
§. 125. Erhebungskratere und Erhebungskegel. 378
§. 126. Ringgebirge oder Circusgebirge. 380
§. 127. Ringthäler, Kesselthäler. 382
§. 128. Maare, Erdfälle. 383
§. 129. Höhlen, Katabothra und geologische Orgeln. 385
§. 130. Isolirte, seltsam gestaltete Felsen. 388

II. Reliefformen des Meeresgrundes.

§. 131. Grösste Tiefen; vorwaltende Flachheit. 390
§. 132. Meeresgrund an den Küsten; Bänke, Riffe, Schären. 392

III. Entstehung der Continente und Gebirge.

§. 133. Bildung des Landes überhaupt. 395
§. 134. Bildung der Gebirgsketten. 400
§. 135. Weitere Ausbildung der Gebirgsformen. 404
§. 136. Relative Altersbestimmung der Gebirgsketten.. 406
§. 137. Fortsetzung; Elie de Beaumont's Erhebungssysteme. 410

Zweiter Abschnitt.

Petrographie.

§. 138. Einleitung; Begriff des Gesteins; Eintheilung der Petrographie. . . . 413

A. *Hylologie der Gesteine.*

§. 139. Vorwaltende chemische Bestandtheile der Gesteine. 417
§. 140. Mineralische Bestandtheile der Gesteine. 420
§. 141. Minerogene, zoogene und phytogene Gesteine. 423
§. 142. Gesteins-Elemente; krystallinische, klastische und amorphe Gesteine. 423
§. 143. Einfache und gemengte Gesteine; Accessorische Bestandtheile. . . . 429
§. 144. Phaneromere und kryptomere Gesteine; Untersuchung der letzteren. . 433
§. 145. Accessorische Bestandmassen und Einschlüsse der Gesteine. 438
§. 146. Ursprünglicher, metamorphischer, frischer und zersetzter Zustand der Gesteine. 440

B. *Histologie der Gesteine.*

§. 147. Begriff der Structur der Gesteine. 443
§. 148. Formen und Dimensionen der krystallinischen Gesteins-Elemente. . . 445
§. 149. Formen und Dimensionen der klastischen Gesteins-Elemente. 448
§. 150. Formen und Structuren der accessorischen Bestandmassen. 451
§. 151. Fortsetzung; Secretionsformen. 457
§. 152. Compacte und porose, feste und lose Gesteine. 461
§. 153. Massivstructur und plane Parallelstructur oder Plattung. 464
§. 154. Lineare Parallelstructur oder Streckung. 468
§. 155. Sphäroidische Structur. 473
§. 156. Besondere Structuren krystallinischer Gesteine; einfache Structuren. . 478
§. 157. Fortsetzung; Zusammengesetzte Structuren. 481

Seite
§. 158. Structur der klastischen Gesteine. 484
§. 159. Structur der amorphen Gesteine. 488
§. 160. Spaltbarkeit und Bruch der Gesteine. 490

C. *Morphologie der Gesteine.*

§. 161. Gesteinsformen; Fugen und Klüfte; Uebersicht. 492

a) Stratificationsformen.

§. 162. Begriff und allgemeine Verhältnisse der Schichten. 495
§. 163. Form, Begränzung und Lage der Schichten. 499
§. 164. Bestimmung der Lage der Schichten. 502
§. 165. Beschaffenheit der Oberfläche der Schichten. 507
§. 166. Structur der Schichten; transversale Schieferung. 515

b) Contractionsformen.

§. 167. Plattenförmige Absonderung. 519
§. 168. Säulenförmige, parallelepipedische und unregelmässige Absonderung. . 522

c) Aggregationsformen.

§. 169. Ansichten über dergleichen Formen; Stylolithen, Compressionsformen. 529

d) Concretionsformen.

§. 170. Sphäroidische und andere Formen der Art. 535

D. *Synopsis oder Uebersicht der wichtigsten Gesteine.*

§. 171. Uebergänge verschiedener Gesteine in einander. 537
§. 172. Schwierigkeiten einer petrographischen Classification der Gesteine. . . 540
§. 173. Versuch einer Gruppirung der Gesteine. 543

Synopsis der Gesteine.

Erste Classe. Krystallinische Gesteine.

Erste Ordnung. Kieselgesteine.

§. 174. Familie des Quarzites. 545
§. 175. Familie des Hornsteins. 549

Zweite Ordnung. Krystallinische Silicat-Gesteine.

§. 176. Familie des Glimmerschiefers. 553
§. 177. Familie des Granites. 562
§. 178. Familie des Diorites. 579
§. 179. Familie des Serpentins. 583
§. 180. Familie des Gabbro. 586
§. 181. Familie des Diabases der Grünsteins. 591
§. 182. Familie des Melaphyres. 599
§. 183. Familie des Felsitporphyrs. 608
§. 184. Familie des Trachytes. 621
§. 185. Familie des Basaltes oder Trappes. 642
§. 186. Familie der Lava. 656

Dritte Ordnung. Krystallinische Haloidgesteine.

		Seite
§. 187.	Familie des Kalksteins.	661
§. 188.	Familie des Gypses.	679
§. 189.	Familie des Kochsalzes.	682
§. 190.	Familien des Eisenspathes, Barytes und Flussspathes.	684

Vierte Ordnung. Krystallinische Erzgesteine.

§. 191.	Familie des Eisenerzes.	686

Zweite Classe. Klastische Gesteine.

§. 192.	Verschiedener Habitus und verschiedene Bildungsart derselben.	688
§. 193.	Klastische Gesteine aus der Ordnung der Kieselgesteine.	692
§. 194.	Klastische Gesteine der Kiesel- und Schieferfamilie.	697
§. 195.	Klastische Gesteine der Granitfamilie.	701
§. 196.	Klastische Gesteine der Diabasfamilie.	703
§. 197.	Klastische Gesteine der Porphyrfamilie.	706
§. 198.	Klastische Gesteine der Trachytfamilie.	709
§. 199.	Klastische Gesteine der Basaltfamilie.	712
§. 200.	Klastische Gesteine der Lavafamilie.	715
§. 201.	Klastische Gesteine der Kalksteinfamilie.	716
§. 202.	Polygene Conglomerate, Gerölle und Psammite.	718
§. 203.	Klastische Gesteine der Eisenerze.	720

Dritte Classe. Gesteine, die weder krystallinisch noch klastisch sind.

§. 204.	Porodine, hyaline und dialytische Gesteine.	722
§. 204a.	Zoogene und phytogene Gesteine.	725

E. *Genesis der Gesteine.*

§. 205.	Unterschied der hydrogenen und pyrogenen Gesteine.	730
§. 206.	Pyrogene Natur der Trachyte, Basalte und der hyalinen Gesteine..	733
§. 207.	Pyrogene Natur der Melaphyre, Porphyre, Grünsteine, Granite und des Gabbro.	737
§. 208.	Silicatgesteine von zweifelhafter Entstehung.	742
§. 209.	Entstehungsweise der krystallinischen Haloidgesteine.	746

F. *Allöosologie der Gesteine.*

§. 210.	Zersetzung und Umbildung der Gesteine; Metamorphismus.	749

1. Zersetzung der Gesteine.

§. 211.	Wirkungen der Verwitterung.	756
§. 212.	Anderweite Zersetzungen zu Kaolin, Thon u. s. w.	759
§. 213.	Zersetzungen und Umbildungen durch vulcanische Dämpfe.	765

2. Umbildungen der Gesteine; Metamorphismus.

A. *Metamorphismus durch Feuer.*

§. 214.	Metamorphismus durch Kohlenbrände und durch vulcanisches Feuer.	771

B. *Metamorphismus im Contacte pyrogener Gesteine.*

Seite
§. 215. Frittung, Schmelzung, Verkokung, prismatische Absonderung. . . . 773
§. 216. Umkrystallisirung verschiedener Gesteine im Contacte mit pyrogenen Massen. 781
§. 217. Umkrystallisirung der Kalksteine. 784
§. 218. Umkrystallisirung von Thonschiefer und Grauwackenschiefer. 788

C. *Metamorphismus auf hydrochemischem Wege.*

§. 219. Metamorphose von Anhydrit und Eisenspath. 795
§. 220. Metamorphische Dolomitbildung; Verkieselung. 798

Dritter Abschnitt.

Paläontologie.

A. *Allgemeines.*

§. 221. Wichtigkeit der organischen Ueberreste für die Geognosie. 812
§. 222. Verschiedene Erhaltungszustände der Fossilien. 817
§. 223. Mineralien, welche bei der Petrificirung oder Abformung gedient haben. 826

B. *Fossile Pflanzen.*

§. 224. Beschaffenheit der Pflanzenreste. 831
§. 225. Algen, Calamiten, Asterophylliten und verwandte Formen. 833
§. 226. Farnkräuter und Farnstämme. 837
§. 227. Hydropteriden und Selagines. 845
§. 228. Andere, besonders wichtige Pflanzenformen. 850

C. *Fossile Thierreste.*

§. 229. Uebersicht; Infusorien und Korallen. 856
§. 230. Radiaten oder Echinodermen. 866
§. 231. Mollusken: Brachiopoden, Conchiferen, Gasteropoden. 871
§. 232. Mollusken: Cephalopoden. 882
§. 233. Anneliden, Crustaceen, Arachnoiden und Insecten. 889
§. 234. Fossile Wirbelthiere. 893

Vierter Abschnitt.

Geotektonik.

§. 235. Einleitung. 899

A. *Gebirgsglieder und allgemeine Verhältnisse derselben.*

§. 236. Begriff und Eintheilung der Gebirgsglieder. 900
§. 237. Contactverhältnisse der Gesteine. 905
§. 238. Lagerung der Gebirgsglieder. 909
§. 239. Lagerartige und gangartige Gebirgsglieder. 914

B. *Structur- und Lagerungsverhältnisse der geschichteten Gebirgsglieder.*

§. 240. Structur der geschichteten Gebirgsglieder. 918
§. 241. Verschiedene Lagerung der geschichteten Gebirgsglieder. 927
§. 242. Verknüpfung der geschichteten Gebirgsglieder. 932

C. *Lagerungsformen und Structur-Verhältnisse der massigen Gebirgsglieder.*

		Seite
§. 243.	Lagerungsformen der massigen Gebirgsglieder.	935
§. 244.	Structur der massigen und eruptiven Gebirgsglieder.	945
§. 245.	Beweise gewaltsamer mechanischer Einwirkung der eruptiven Gesteine auf ihr Nebengestein.	958

D. *Störungen des ursprünglichen Baues der Erdkruste.*

§. 246.	Verwerfungen und andere durch Spalten geleitete Dislocationen.	969
§. 247.	Aufrichtung mächtiger Schichtensysteme, und ursprünglich geneigte Schichten.	977
§. 248.	Faltungen und Stauchungen mächtiger Schichtensysteme.	987
§. 249.	Transversale Schieferung und parallele Zerklüftung.	996

Verbesserungen.

S. 89, Z. 18 v. o. lies Inbegriffe statt Inbegriff.
- 94; über die Vulcane Afrika's hat neulich Gumprecht eine sehr gründliche und umfassende Abhandlung geliefert, in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 23, 1849, S. 207 ff.
- 102, Z. 12 v. u. lies §. 40a statt §. 41.
- 150; die Berichtigung der dort über den Monte nuovo ausgesprochenen Ansicht ist S. 945 zu finden.
- 241, Z. 7 v. u. lies §. 74a statt §. 74.
- 266; die von Virlet aus der Gegend von Tournus berichtete Thatsache ist von Canat dadurch gänzlich entwerthet worden, dass er in der dortigen Muschelablagerung die Abfälle einer alten Römischen Küche nachwies. *Bull. de la soc. géol. 2. série, III, p.* 271 f.
- 408; über die Art, wie er eigentlich den Parallelismus der Gebirgsketten verstanden wissen will, hat sich Elie de Beaumont neulich in einer sehr ausführlichen Abhandlung erklärt, welche höchst wichtige Bereicherungen zur Lehre von der Gebirgserhebung enthält. *Bull. de la soc. géol. 2. série, IV, p.* 864 ff.
- 469, Z. 14 v. o. lies versehen statt vesehen.
- 537, Z. 11 v. o. ist vor „Eisenoxydul" einzuschalten „kohlensaures."
- 611, Z. 21 v. o. Gustav Rose hat ganz kürzlich eine vortreffliche Abhandlung über die zur Granitgruppe gehörigen Gesteine geliefert, aus welcher sich ergiebt, dass der triklinoëdrische Feldspath, sowohl in den quarzführenden wie in den quarzfreien Porphyren, wirklich Oligoklas ist. Zeitschrift der Deutschen geol. Gesellsch. Bd. I, Heft III, S. 352 ff.
- 725, Z. 13 v. o. lies §. 204a statt §. 204.
- 793, Z. 5 v. u. lies schroffen statt grossen.

Einleitung.

§. 1. *Begriff der Geologie.*

Die Geognosie bildet in theoretischer Hinsicht einen der interessantesten, in praktischer Hinsicht aber unstreitig den allerwichtigsten Theil derjenigen allgemeineren Wissenschaft, welcher eigentlich der Name Geologie gebührt, den wir hiermit für sie in Anspruch nehmen. Zwar pflegt man jetzt ziemlich allgemein unter dem Worte Geologie die Theorie der Erdbildung oder die Entwicklungsgeschichte der Erde zu verstehen, und solches dem Worte Geognosie zu coordiniren. Weil jedoch diese Entwicklungsgeschichte weit richtiger und bestimmter durch das Wort Geogenie bezeichnet wird, während das Wort Geologie doch eigentlich die Wissenschaft von der Erde in ihrem allgemeinsten Umfange bezeichnet, so erscheint es sowohl logisch als etymologisch richtiger, den Begriff Geologie an die Spitze zu stellen, und seiner Sphäre die Begriffe Geognosie und Geogenie unterzuordnen*). Die Geognosie ist daher ein Theil der Geologie.

Um nun aber den Begriff und das Wesen der Geognosie richtig erfassen, um die Stellung und Bedeutung derselben gehörig würdigen zu können, dazu werden wir am sichersten gelangen, wenn wir zuvörderst

*) Wie solches auch von *Omalius d'Halloy* sowohl in seinen *Eléments de Géologie*, als auch in seinem *Précis élémentaire de Géologie* geschehen ist. Uebrigens verstehen wir hier unter Geogenie nicht jene transscendenten Speculationen über den Uranfang der Dinge, mit denen sich wohl bisweilen Naturforscher und Philosophen beschäftigt haben, sondern eine, auf die Basis geognostischer Thatsachen gegründete Entwicklungsgeschichte der Erde, etwa in der Art, wie solche für die Natur überhaupt von Bronn entworfen worden ist; Geschichte der Natur von Dr. H. G. Bronn, 1841.

den Begriff und die Eintheilung der Geologie überhaupt festzustellen versuchen.

Geologie ist die Wissenschaft von der Natur unseres Planeten und seiner verschiedenen Glieder, mit Ausschluss der auf ihm lebenden organischen Welt. Also nur der anorganische Erdkörper, d. h. unser Planet in seiner wesentlichen Zusammensetzung aus anorganischen oder leblosen Körpern (zu welchen auch alle, der anorganischen Natur verfallenen organischen Ueberreste gehören), bildet den eigentlichen Gegenstand der Geologie.

Das Pflanzenreich und das Thierreich, oder die jetzt lebende organische Welt überhaupt ist ja kein nothwendiges Glied unseres Planeten; wie es denn gar keinem Zweifel unterliegt, dass derselbe einstmals ohne organische Wesen bestanden hat, und dass die Bedingungen zur Entstehung und Fortdauer von Pflanzen und Thieren keineswegs von jeher auf seiner Oberfläche gegeben waren. Die Geologie abstrahirt also von allem Lebendigen, von Allem, was die Natur gegenwärtig schafft und zerstört, was sie bildet und umbildet im Thier- und Pflanzenreiche. Sie betrachtet den todten Erdball, entblöst vom schmückenden Kleide der Vegetation, beraubt seiner muntern Bevölkerung aus der Thierwelt; ihr gilt die Erdoberfläche eine wüste ausgestorbene Einöde, und ihre Aufgabe beschränkt sich wesentlich darauf, die Natur dieser grossen, unbelebten und unbeseelten Kugel zu erforschen, um welche der ewig blühende Kranz der Vegetation, um welche die so bewegliche Kette von belebten und beseelten Wesen gewunden ist*).

Der Umstand, dass wir bei geologischen Forschungen eine Menge organischer Ueberreste zu berücksichtigen haben, kann wohl nicht als

*) Ganz anders verhält es sich mit der Geographie, als der Physiographie der Erdoberfläche. Diese entlehnt zwar einen Theil ihrer Betrachtungen aus der Geologie, hat aber ausserdem vielfach auf die jetzt lebende Thier- und Pflanzenwelt, und ganz besonders auf den Menschen und dessen Werke Rücksicht zu nehmen. Denn die Physiognomie der Oberfläche unsers Planeten wird durch die vorwaltende Bedeckung mit diesen oder jenen Pflanzen, durch die Belebung mit diesen oder jenen Thierspecies und Menschenrassen auf sehr verschiedene Weise charakterisirt, auch durch die Werke des Menschen so wesentlich umgestaltet, dass die Vegetation, die Animalisation und der Mensch mit allen Resultaten seiner Cultur und Industrie, in den Bereich der geographischen Forschungen und Darstellungen gezogen werden müssen. Die sogenannte physische Geographie, ist eigentlich ein Aggregat sehr verschiedener Lehren, welche grösstentheils verschiedenen Abschnitten der Geologie, zum Theil auch der Geographie, der allgemeinen Botanik und Zoologie entnommen werden, während die mathematische Geographie gänzlich in den Bereich der allgemeinen Geologie zu verweisen ist.

ein Einwurf geltend gemacht werden. Denn diese Thier- und Pflanzenreste haben dabei doch nur dieselbe Bedeutung, welche wir auch den anorganischen Einzelwesen, den Mineralien und Atmosphärilien zugestehen müssen; das heisst, die Geologie betrachtet sie durchaus nicht als ihren Gegenstand, setzt aber die Kenntniss derselben voraus, und bedient sich ihrer als Merkmale für die Unterscheidung und Bestimmung gewisser Glieder in der Zusammensetzung der Erdkruste.

So belehrt uns die Geologie z. B., dass eines dieser Glieder, der Granit, aus den Mineralien Feldspath, Quarz und Glimmer zusammengesetzt ist; sie benutzt also die Begriffe der drei genannten Mineralspecies als Merkmale zur Charakterisirung des Gesteines Granit; allein sie macht sich keineswegs anheischig, uns diese Mineralspecies selbst kennen zu lehren, was ja die Aufgabe der Mineralogie ist. Ganz auf ähnliche Weise sagt uns die Geologie, dass z. B. die Formation des Muschelkalkes durch die Ueberreste gewisser Conchylienspecies charakterisirt sei, und sie benutzt daher die Begriffe dieser Species als Merkmale zur Bestimmung jener Formation; allein die Bestimmung und Beschreibung dieser Conchylienspecies selbst überlässt sie entweder der Zoologie, oder der Paläontologie, als demjenigen Theile der speciellen Naturgeschichte, welcher nur die fossilen Thier- und Pflanzen-Species zum Gegenstande hat. — Auch sind es ja nicht die lebenden Pflanzen und Thiere, sondern nur die abgestorbenen, der anorganischen Natur anheim gefallenen und gleichsam mineralisirten Ueberreste derselben, welche eine Bedeutung für die Geologie haben, während die lebenden Organismen als solche in die Gebiete ganz anderer Wissenschaften zu verweisen sind. Die Paläontologie oder Petrefactenkunde ist daher, gerade so wie die Mineralogie, als eine nothwendige Hilfswissenschaft der Geologie zu betrachten; allein es folgt daraus keineswegs eine Widerlegung der Behauptung, dass die Geologie nur den anorganischen Erdball, d. h. den Erdball mit Ausschluss der ihn gegenwärtig belebenden Thier- und Pflanzenwelt zu ihrem eigentlichen Gegenstande habe*).

*) Die Ansicht gewisser Naturphilosophen, dass der Planet selbst ein belebter, ja wohl gar ein beseelter Körper sei, ist das Ergebniss einer unnatürlichen Parallelisirung höchst verschiedenartiger Erscheinungen. Will man jede Kraftäusserung der Natur als eine Lebensoffenbarung betrachten, so ist man wenigstens genöthigt, zwei Abstufungen des Lebens zu unterscheiden, deren eine auch wir mit dem Namen Leben bezeichnen, während wir die andere nur als die Aeusserung anorganischer Naturkräfte zu erkennen vermögen. Es scheint aber ein willkürliches und nutzloses Spiel zu sein, welches mit dem Worte Leben getrieben wird, wenn man dasselbe in einer so erweiterten Bedeutung einführt; ein Spiel, durch welches we-

§. 2. *Aufgabe der Geologie.*

Die Geologie, als Wissenschaft von der Natur des Erdkörpers, vereinigt in sich die Naturbeschreibung und Naturgeschichte *) desselben. Zu einer bestimmteren Erkennung ihrer eigentlichen Aufgabe bedarf es jedoch einer Verständigung darüber, was man unter der Natur des Erdkörpers zu verstehen habe. Nun ist es bekannt, dass das Wort Natur in der Sprache des gemeinen Lebens wie der Wissenschaft in sehr verschiedenen Bedeutungen gebraucht wird. Wenn jedoch von der Natur eines Dinges, d. h. eines als Einzelwesen gedachten Körpers die Rede ist, so versteht man darunter den Inbegriff aller Eigenschaften, Thätigkeiten und Zustände, durch welche sich uns das Wesen desselben zu erkennen giebt. Und diese Bedeutung ist es, in welcher auch wir das Wort zu nehmen haben.

Die Geologie hat uns daher mit allen Eigenschaften, Kraftäusserungen und Zuständen des Erdballs bekannt zu machen, so weit solche überhaupt einen Gegenstand unserer unmittelbaren oder mittelbaren Erkenntniss bilden.

Da nun aber der Erdball ein vielfältig zusammengesetztes Ganzes ist, da wir schon an seiner Oberfläche drei so verschiedenartige Glieder, wie die Atmosphäre, das Reich der Gewässer und die feste Erdrinde zu unterscheiden haben, von denen wenigstens die beiden letzteren abermals eine manchfaltige Gliederung erkennen lassen, so werden wir die Natur des Erdkörpers grösstentheils in seinen Gliedern studiren müssen, und nur dadurch zu einer genauern Kenntniss des Ganzen gelangen können, dass wir nicht bloss die mancherlei Eigenschaften, Kraftäusserungen und Zustände aller einzelnen Glieder, sondern auch die Verhältnisse ihrer gegenseitigen Verknüpfung und Wechselwirkung zu erforschen suchen.

Hierbei drängt sich uns jedoch die Frage auf, wie weit die Geologie auf eine wissenschaftliche Untersuchung der Glieder des Erdkörpers eingehen soll. Die Atmosphäre z. B. ist ein Gemisch mehrer Gase und

nigstens die Geologie nicht gefördert, wohl aber auf solche Abwege verleitet werden kann, dass man es zuletzt mehr mit einem Abschnitte der Mythologie, als mit einem Zweige der Naturwissenschaft zu thun zu haben glaubt. Man vergleiche z. B. die bisweilen recht poëtischen Darstellungen welche Keferstein, Hugi u. A. gegeben haben.

*) Das Wort Naturgeschichte in seiner eigentlichen Bedeutung genommen, wie solche Bronn in seinem trefflichen Handbuche einer Geschichte der Natur festgehalten hat, nicht in der herkömmlichen, mit Naturbeschreibung zusammenfallenden Bedeutung.

Dämpfe, welche in constanten oder schwankenden Verhältnissen zu der grossen Hohlkugel vereinigt sind, deren statische und dynamische Verhältnisse, deren physische und chemische Eigenschaften einen so wichtigen Einfluss auf das Reich der Gewässer und auf die feste Erdoberfläche ausüben. Bilden denn nun auch diese einzelnen Gase und Dämpfe an und für sich einen Gegenstand geologischer Betrachtung, oder wird ihre Kenntniss von der Geologie vorausgesetzt? Offenbar findet das Letztere Statt, indem diese näheren Bestandtheile der Atmosphäre schon in der Chemie nach allen ihren Eigenschaften untersucht und dargestellt worden sind. Eben so bildet das Wasser das Hauptmaterial des ganzen Reiches der Gewässer, welches in Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme und Seen gegliedert ist, während mancherlei andere Mineralspecies die verschiedenen Gesteine zusammensetzen, von welchen ganze Schichten und Schichtensysteme, ganze Gebirgsketten und Plateaus gebildet werden. Jene Quellen, Flüsse und Ströme, diese Gesteine, Schichtensysteme, Gebirgsketten und Plateaus, sie bilden allerdings einen Gegenstand der Geologie; allein das Wasser selbst und alle die einzelnen Mineralspecies, welche als Bestandtheile der Gesteine auftreten, sie gehören nicht mehr in den Bereich geologischer Untersuchungen.

Ueberhaupt also hat die Geologie ihre Objecte nur bis zu den Einzelkörpern zu verfolgen, aus denen sich dieselben zusammengesetzt erweisen; sie hat es mit den verschiedenen Aggregaten und den grösseren Massen dieser Einzelkörper zu thun, setzt aber die Kenntniss derselben voraus, deren Begründung nicht von ihr, sondern von der Mineralogie oder Anorganographie gefordert wird.

Die Geologie ist, wenigstens als Geognosie der festen Erdkruste, die Wissenschaft von dem Zusammenvorkommen der Mineralien und Fossilien, oder von den Mineral- und Fossil-Aggregaten, welche sie durch alle Formen und Abstufungen zu verfolgen hat; ein Begriff, den schon Werner in ähnlicher Weise aufstellte, und welcher später durch Mohs, freilich in einer etwas einseitigen und daher minder glücklichen Auffassung geltend gemacht worden ist*). Sie ist die Wissenschaft von dem natürlichen Mineralsy-

*) Mohs, die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie, zweiter Theil, 1842, wo S. 3 die Geognosie als die Wissenschaft von der Zusammensetzung der Erde aus den Individuen des Mineralreiches definirt wird; eine Definition, welche v. Holger in seinen Elementen der Geognosie, 1846, S. 13 mit Recht verwirft, ohne jedoch eine bessere an ihre Stelle zu setzen. Denn nur wenige Geognosten dürften ihre Wissenschaft in der Definition wieder erkennen: Geognosie ist die Wissenschaft von der Herausbildung der Mineralspecies aus der chaotischen oder formlosen Masse; a. a. O. S. 10, 14 und 20.

steme in der Bedeutung, wie Wilbrand diesen Ausdruck genommen wissen wollte; eine Bedeutung, auf welche Schelling verweist, wenn er sagt: »Kannst »du dem Metall gebieten, sich in den Punct zu stellen, wo es in deiner Ver»standesordnung liegt, oder der Pflanze, da zu blühen, wo du sie hinreihst, »oder überhaupt den Wesen, sich zu sondern, wie du sie sonderst, und liegt »nicht vielmehr Alles in einer göttlichen Verwirrung vor dir?« — Diese Verwirrung, wenigstens im Gebiete der anorganischen Körperwelt aufzuklären, das ist es am Ende, was wir von der Geologie fordern. Während also die Mineralogie ein System schafft, welches als solches nirgends in der Aussenwelt existirt, so sucht die Geologie nur Erkenntniss und Verständniss eines Systemes, welchem in allen seinen Theilen objective Realität zukommt, welches ihr im Erdballe und in den verschiedenen Gliedern desselben *realiter* vorliegt.

§. 3. *Allgemeine Eintheilung der Geologie.*

Die Eintheilung einer Wissenschaft muss sich aus ihrer Definition ableiten lassen. Nun folgt aus §. 2, dass die Geologie eine möglichst vollständige und systematische Darstellung aller Eigenschaften, Kraftäusserungen und Zustände sowohl des Erdkörpers überhaupt, als auch seiner einzelnen Glieder, so wie eine Darstellung der gegenseitigen Verknüpfung und Wechselwirkung dieser letzteren geben soll.

Es hat aber unser Planet von der Urzeit bis zur Gegenwart sehr verschiedene Zustände durchlaufen; denn sehr viele Thatsachen liefern uns eben so viele Beweise dafür, dass namentlich seine äussere Rinde im Laufe der Zeiten die manchfaltigsten Veränderungen und Umwälzungen erlitten und den Schauplatz sehr verschiedenartiger Ereignisse abgegeben haben muss. Da sich nun diese verschiedenen Zustände unmöglich zugleich in Betrachtung ziehen lassen, so entsteht uns die Frage, welcher Zustand wohl eigentlich zunächst erforscht und dargestellt werden soll. Die Antwort auf diese Frage kann wohl nur dahin lauten, dass es der gegenwärtige Zustand sei, welchem dieses Vorrecht gebührt; denn er allein fällt in den Bereich unserer unmittelbaren Wahrnehmung, er allein bildet das eigentliche Feld unserer wissenschaftlichen Forschung, und Alles, was wir über die früheren Zustände des Planeten zu erschliessen oder zu errathen vermögen, wird aus einer genauen Untersuchung seiner gegenwärtigen Erscheinungsweise abzuleiten sein*).

*) Recht gut bemerkt v. Holger in Betreff dieser früheren Zustände a. a. O. S. 19: »wir haben hier das Unangenehme, dass wir erst ins Theater gekommen sind, »nachdem bereits der Vorhang gefallen ist; wir müssen das Schauspiel, das gegeben

So spaltet sich denn unser ganzes geologisches Wissen nach zeitlichen Momenten in zwei grosse Abtheilungen, welche sich als Geognosie und Geogenie unterscheiden lassen. Geognosie ist die Wissenschaft von der Natur des Erdkörpers nach seiner gegenwärtigen Erscheinungsweise; Geogenie die Wissenschaft von den früheren Zuständen, von der ursprünglichen Bildung und allmäligen Entwicklung des Planeten. Jene giebt also nur eine Naturbeschreibung, diese eine Naturgeschichte der Erde, sobald wir das Wort Naturgeschichte in seiner wahren und eigentlichen Bedeutung nehmen.

Wie auf den Unterschied von Gegenwart und Vergangenheit, so lässt sich aber auch eine Eintheilung der Geologie auf den Unterschied räumlicher Verhältnisse gründen.

Vergleichen wir nämlich das Ganze unseres Planeten mit der Aussenseite desselben, so ist es einleuchtend, dass diese letztere unserer Beobachtung und Forschung ein unendlich reicheres Feld darbietet, als das erstere. Die Erde als Weltkörper, als kosmisches Individuum gedacht, lässt sich allerdings nach gewissen, in ihrer Totalität ihr zukommenden Eigenschaften und Kraftäusserungen, wie z. B. nach ihrer Form und Grösse, nach ihrer täglichen und jährlichen Bewegung, nach ihrer Masse und Dichtigkeit, nach ihren thermischen und magnetischen Verhältnissen u. s. w. betrachten. Allein dieselben Betrachtungen werden sich grossentheils auch für ihre äussere Kruste und Hülle geltend machen lassen, während diese peripherischen Glieder, wegen ihrer unmittelbaren Zugänglichkeit, noch ausserdem zu einer Menge anderer und sehr verschiedenartiger Untersuchungen Gelegenheit bieten, welche für das Erdganze als solches gar nicht möglich sind. Das Erdganze wird also seinerseits, und die Erdglieder werden ihrerseits besondere Gebiete der Untersuchung und folglich auch besondere Systeme von Kenntnissen bedingen, weshalb sich auch die Geologie in Geologie des Erdganzen und Geologie der Erdglieder eintheilen lässt.

Es wird sich aber die vorher angegebene Eintheilung recht wohl mit dieser zweiten Eintheilung in Verbindung bringen lassen, indem wir diese letztere jener ersteren unterordnen, weil die Beschreibung des Erdganzen und seiner einzelnen Glieder und die Entwicklungsgeschichte beider füglich von einander getrennt zu halten sind. Demnach erhalten wir für unsere Eintheilung folgendes allgemeine Schema:

»wurde, aus den auf der Bühne zurückgebliebenen Decorationen, Versatzstücken, »Waffen u. s. w. zu errathen suchen; daher es sehr verzeihlich ist, wenn wir uns »irren.«

Geologie.	
I. Geognosie.	II. Geogenie.
1) Geognosie des Erdganzen.	1) Geogenie des Erdganzen.
2) Geognosie der Erdglieder.	2) Geogenie der Erdglieder.

§. 4. *Chthonographie, oder Geognosie der festen Erdkruste.*

Wir haben uns nun die Frage zu beantworten, wie viele und welche Hauptglieder in der Zusammensetzung unsers Planeten zu unterscheiden sein werden. Die Beobachtung führt uns sogleich auf die Anerkennung dreier peripherischer Glieder, welche, ungeachtet mancher zwischen ihnen bestehenden Wechselwirkungen, dennoch eine gewisse Selbständigkeit und eine bestimmte räumliche Absonderung behaupten.

Als das innerste und wichtigste dieser Glieder erkennen wir die Erdkruste oder Erdveste, die starre Schale des Planeten, dieses ringsum geschlossene Firmament des Erdganzen, welches den Träger der beiden anderen Glieder und den eigentlichen Grund und Boden für Alles bildet, was auf seiner Oberfläche lebt und webt.

Im auffallendsten Contraste mit dieser schweren, starren und scheinbar unbeweglichen Schale des Planeten steht die Atmosphäre, diese leichte, elastischflüssige und vielbewegte Hülle desselben, welche, obwohl kaum bemerkbar für das Auge, dennoch von dem bedeutsamsten Einflusse auf das Ganze ist, und ohne welche alles Leben von der Erde verschwinden würde. Sie bildet das äusserste peripherische Glied unsers Planeten, und ist gleichfalls ringsum geschlossen, so dass das räthselhafte, unserem Blicke ewig unerreichbare Innere desselben von zwei concentrischen Kugelschalen umschlossen wird, welche in allen ihren Verhältnissen einen entschiedenen Gegensatz erkennen lassen.

Zwischen ihnen beiden breitet sich in mehr oder weniger unterbrochener Ausdehnung der Ocean aus, welcher die grossen Vertiefungen der festen Erdoberfläche erfüllt, und daher keine ringsum geschlossene Hülle des Planeten bildet, sondern ihn nur wie ein vielfach zerrissener Mantel umschliesst. Zu dem Ocean stehen aber die Landgewässer in der innigsten Beziehung. Diese sind theils ruhend, in kleineren bassinförmigen Vertiefungen, theils fliessend in mehr oder weniger weiten Canälen der Erdoberfläche und Erdkruste enthalten, erscheinen als zahllose Verbindungsglieder zwischen dem Festlande und dem Ocean, und vereinigen sich mit solchem zur Bildung des Reiches der Gewässer, als des mittleren der drei peripherischen Glieder unseres Planeten.

Diese drei peripherischen Glieder sind es nun zuvörderst, welche

eben so viele Abschnitte der Geognosie begründen. Die Erdveste hat natürlich wegen ihrer grossen Bedeutung als Wiege und Wohnstätte des Menschengeschlechtes und als das eigentliche Feld seiner Thätigkeit, wegen ihrer reichhaltigen Zusammensetzung, wegen der ausserordentlichen Manchfaltigkeit ihrer Verhältnisse, und wegen der technischen Wichtigkeit ihrer untergeordneten Glieder von jeher die meiste Aufmerksamkeit in Anspruch genommen, weshalb auch oft derjenige Theil der Geologie, welcher sich mit ihr beschäftigt, vorzugsweise und im engern Sinne Geognosie genannt worden ist. Wir würden dafür den Ausdruck Geognosie der Erdkruste zu wählen haben, statt dessen sich auch das Wort Chthonographie gebrauchen lässt, welches uns auf diejenige Wissenschaft verweist, deren wesentliche Aufgabe es ist, uns über die Zusammensetzung, Structur und Architektur des Grund und Bodens oder der eigentlichen Erdveste zu belehren. Die Lehre vom Reich der Gewässer hat man Hydrographie, und die Lehre von der Atmosphäre Atmosphärologie oder Meteorologie genannt.

Durch die bisherigen Betrachtungen scheint jedoch die Gliederung unseres Planeten noch nicht vollständig erschöpft zu sein. Denn, wo von Gliedern die Rede ist, da erwartet man auch, dass ein Rumpf oder Stamm genannt werden wird, an welchen die Glieder angeschlossen sind. Das Erd-Innere ist es nun, welches den centralen Stamm oder Kern, gleichsam den Rumpf des Erd-Organismus bildet, den jene drei peripherischen Glieder umschliessen. Wie mangelhaft und hypothetisch aber auch unsere Kenntnisse über dieses Erd-Innere sein mögen, so ist doch sein Einfluss auf die peripherischen Glieder von solcher Wichtigkeit, so sind doch seine Dimensionen und seine Masse von so überwiegender Grösse, dass wir es mit allem Rechte als das Haupt- oder Centralglied in der Zusammensetzung unseres Planeten betrachten, und dass die wenigen Ergebnisse unserer Forschungen über die Natur dieses Centralgliedes in einem besonderen Abschnitte zusammengefasst werden müssen, welchen man Abyssologie nennen kann, weil er die unerreichbaren und unergründlichen Tiefen des Erd-Innern zum Gegenstande hat.

Die sehr bedeutende und hinter der des ganzen Planeten nur wenig zurückbleibende Grösse dieses Centralgliedes, sowie der Umstand, dass die über dasselbe aufzustellenden Resultate wesentlich in gewissen Folgerungen der allgemeinen Geophysik bestehen, lassen es jedoch zweckmässig erscheinen, die Abyssologie in das Gebiet der Geognosie des Erdganzen zu verweisen. Demzufolge ergiebt sich folgende Eintheilung der Geognosie:

Geognosie.

1) Geognosie des Erdganzen und seines Centralgliedes.	2) Geognosie der peripherischen Erdglieder.
a) Geodäsie.	a) Chthonographie.
b) Geophysik.	b) Hydrographie.
c) Abyssologie.	c) Atmosphärologie.

§. 5. *Chthonologie, oder Geologie der festen Erdkruste.*

Die Geologie lässt sich, nach Maassgabe ihrer in §. 3 aufgestellten Eintheilung, entweder erst rein geognostisch und dann rein geogenetisch, oder auch in der Weise zur Darstellung bringen, dass man die geognostische Beschreibung mit der Entwicklungsgeschichte auf eine angemessene Art in Verbindung bringt. Man kann die erstere Methode die disjunctive, die zweite die gemischte Methode nennen. Die disjunctive Methode gewährt den Vortheil, dass die mehr positiven und die mehr hypothetischen Elemente unseres geologischen Wissens strenger gesondert gehalten werden, dass der wirkliche Erfahrungsbestand in völliger Unabhängigkeit von denen aus ihm abgeleiteten Folgerungen hervortritt, und dass es daher um so leichter wird, die Thatsachen der Beobachtung und die Schlüsse der Theorie im Zusammenhange zu übersehen und zu prüfen. Die gemischte Methode dagegen hat den Vorzug, dass ihre Darstellungen eine angenehme Abwechslung und ein grösseres Interesse gewähren, weil die, zuweilen wohl ermüdende Aufzählung der Beobachtungs-Resultate durch theoretische Betrachtungen über die Ursachen der Erscheinungen und durch Rückblicke auf den ehemaligen Zustand der Dinge unterbrochen wird. Indem auf diese Weise der ganzen Betrachtung ein theoretischer Faden eingeflochten wird, enspricht sie auch mehr dem, was bei der Beobachtung und Forschung in der Wirklichkeit Statt zu finden pflegt, sofern sich nämlich unwillkürlich gewisse theoretische Vorstellungen daran knüpfen, welche gleichsam ein geistiges Band für die Beobachtungen und einen Wegweiser für die Richtung abgeben, nach welcher sie vorzugsweise zu verfolgen und zu vervielfältigen sind.

Derjenige Theil der Geologie, welcher sich ausschliesslich oder doch vorzugsweise mit der Natur der festen Erdkruste beschäftigt, und den eigentlichen Gegenstand dieses Lehrbuches bildet, wird also bei Anwendung der gemischten Methode füglich Chthonologie genannt werden können, weil er die Beschreibung und die Entwicklungsgeschichte

der Erdveste, oder die Chthonographie und Chthonogenie in sich vereinigt*).

Nun lässt sich zwar die Chthonographie in völliger Unabhängigkeit von den übrigen Zweigen der Geologie, als ein selbständiger Theil der Physiographie darstellen. Sobald ihr aber geogenetische Betrachtungen eingewebt werden sollen, wie diess die gemischte Methode voraussetzt, so ist es nicht mehr möglich, sie in solcher Unabhängigkeit durchzuführen, weil die Ausbildung der äusseren Erdkruste im genauesten Causalzusammenhange mit gewissen Eigenschaften, Kraftäusserungen und Zuständen des Erdganzen, des Erdinnern und selbst der beiden übrigen peripherischen Glieder des Planeten steht. Soll daher die Chthonologie als besondere Wissenschaft zur Darstellung kommen, so ist es ganz unvermeidlich, gewisse Lehren aus der Geologie des Erdganzen, aus der Abyssologie und Hydrographie theils vorauszuschicken, theils gehörigen Ortes einzuschalten. Und dieser Gang ist es denn auch, welcher in dem vorliegenden Werke befolgt werden soll.

Dasselbe wird daher zuvörderst mit einigen Abschnitten aus der Geognosie des Erdganzen zu eröffnen sein, deren Resultate bei der Begründung mancher Lehren der Chthonologie nicht füglich entbehrt werden können, welche letztere, als der eigentliche Hauptgegenstand unserer Betrachtungen, ausführlicher zur Darstellung kommen wird.

Als einige der wichtigsten Lehrbücher und anderen Werke, in welchen die Geologie überhaupt oder doch grössere Abschnitte derselben behandelt werden, erwähnen wir folgende.

Scipio Breislak, Lehrbuch der Geologie, übers. von F. K. von Strombeck, 3 Theile, Braunschweig 1819 — 1821.
K. E. A. von Hoff, Geschichte der durch Ueberlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, 4 Theile, Gotha 1822 — 1840.
Friedrich Hoffmann, Physikalische Geographie, Berlin 1837.
Derselbe, Geschichte der Geognosie und Schilderung der vulcanischen Erscheinungen, Berlin 1838.
G. Bischof, Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, Leipzig 1837.
H. Bronn, Handbuch einer Geschichte der Natur, 3 Bände, 1841—1848.
H. Burmeister, Geschichte der Schöpfung, Leipzig 1843.
B. Studer, Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie, Bern, Chur und Leipzig 1844.

*) »In diesem Sinne sind Naturbeschreibung und Naturgeschichte nicht gänzlich von einander zu trennen. Der Geognost kann die Gegenwart nicht ohne die Vergangenheit fassen. Beide durchdringen und verschmelzen sich in dem Naturbilde des Erdkörpers.« Humboldt, Kosmos, I, S. 64.

A. von Humboldt, Kosmos, Entwurf einer physischen Weltbeschreibung, I. Band, Stuttgart 1845.
A. Petzholdt, Geologie, 2. Aufl., Leipzig 1845.
C. Lyell, Principles of Geology, 7. ed., London 1847.
G. Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, 2 Bände, Bonn 1847 und 1848.
H. Berghaus, Physikalischer Atlas, Abtheilungen I—IV, Gotha bis 1845.

A. de Humboldt, Essai geognostique sur le gisement de roches, 2. ed., Paris 1826.
D'Aubuisson de Voisins, Traité de Géognosie, 2 vol. 2. ed. Strasbourg 1828. (Der zweite Theil von Bürat bearbeitet.)
Al. Brongniart, Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe, Paris 1829. (Deutsch von Kleinschrod 1832.)
De la Beche, Handbuch der Geognosie, bearbeitet von H. v. Dechen, Berlin 1832.
K. A. Kühn, Handbuch der Geognosie, 2 Bände, Freiberg 1833 und 1836.
C. C. von Leonhard, Geologie oder Naturgeschichte der Erde, auf allgemein fassliche Weise bearbeitet; 5 Bände, Stuttgart 1836—1844.
Derselbe, Lehrbuch der Geognosie und Geologie, 2. Auflage, Stuttgart 1846.
C. Lyell, Elements of Geology, 2. edit. 2 vol., London 1841.
Omalius d'Halloy, Elements de Géologie, 3. edit. Paris 1839.
Derselbe, *Précis élémentaire de Géologie, Paris* 1843.
Th. Ansted, Geology, introductory, descriptive and practical, 2. vol. London 1844.
B. Cotta, Grundriss der Geognosie und Geologie, 2. Auflage, Dresden 1845.
F. A. Walchner, Handbuch der Geognosie, 2. Aufl., Karlsruhe 1846.
Elie de Beaumont, Leçons de Géologie pratique, tome I, Paris 1845.
C. Vogt, Lehrbuch der Geologie und Petrefactenkunde theilweis nach Elie de Beaumonts Vorlesungen, 2 Bände, Braunschweig 1846.

I.

Einige Lehren aus der Geognosie des Erdganzen.

Erstes Capitel.

Gestalt und Grösse der Erde.

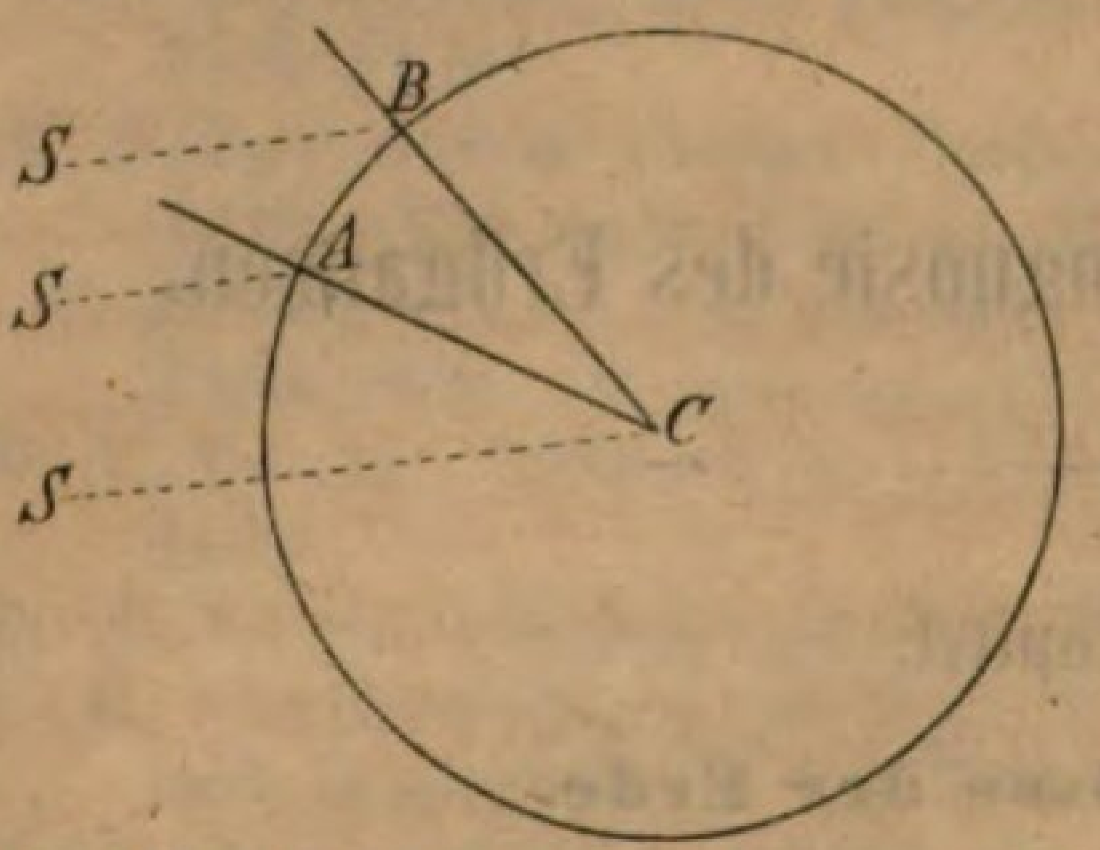
§. 6. *Allgemeine kugelförmige Gestalt der Erde.*

Pythagoras scheint der erste griechische Philosoph gewesen zu sein, welcher auch der Erde die, an anderen Himmelskörpern beobachtete sphärische Gestalt zuschrieb; und, wenn auch einige spätere Philosophen, wie z. B. Platon, von dieser Ansicht abwichen, so sprachen sich doch Eudoxus und Aristoteles für dieselbe mit so überzeugenden Gründen aus, dass die Lehre von der Kugelgestalt der Erde seit ihrer Zeit als wissenschaftlich begründet gelten kann. Auch wurden nicht lange nachher von Eratosthenes, und 200 Jahre später von Posidonius die ersten Versuche zu einer Messung oder Grössenbestimmung der Erdkugel gemacht.

Während der langen Periode des Verfalls der Wissenschaften wurde jedoch das Theorem von der Kugelgestalt der Erde theils vergessen, theils sogar wieder gegen die älteren Irrthümer vertauscht, bis endlich nach dem Jahre 1522 die Erdumschiffungen einen so schlagenden Beweis für die im Allgemeinen sphäroidische Form der Erde lieferten, dass solche seitdem allgemein anerkannt und nicht wieder in Zweifel gezogen worden ist.

Ueber die Gestalt der Erde glaubte man nun völlig im Reinen zu sein; man hielt solche für eine vollkommene Kugel, und es handelte sich nur noch darum, die Grösse dieser Kugel durch Messungen genauer zu bestimmen, als es früher geschehen war.

Diese Messungen beruhen im Allgemeinen auf dem Satze, dass wir den Durchmesser einer Kugel berechnen können, sobald uns ein **Bogen** eines ihrer grössten Kreise sowohl nach seiner Amplitude oder seinem Winkelmaasse, als auch nach seiner Länge oder seinem Linearmaasse gegeben ist. Die **Meridiane** der vorausgesetzten Erdkugel sind nämlich grösste Kreise derselben; bestimmt man also für einen genau begränzten Bogen *AB* eines und desselben Meridians die **Amplitude**, oder den Neigungswinkel *ACB* der beiden, durch seine Endpunkte gehenden Halbmesser *AC* und *BC*, und hierauf die Länge *AB*, so hat man diejenigen Elemente gefunden, welche (nach der einfachen Proportion, dass sich der Winkel *ACB* zu 360°, wie die Bogenlänge *AB* zur Grösse des ganzen Kreises verhalten müsse) die Grösse des ganzen Meridians berechnen lassen, womit denn auch zugleich der Durchmesser desselben, und folglich der Durchmesser der Erdkugel selbst gefunden ist.



Die Messung der **Amplitude** des Bogens *AB* oder des Winkels *ACB* beruht auf **astronomischen** Beobachtungen, indem man z. B. an beiden Endpuncten *A* und *B* die Zenithdistanz eines und desselben Fixsternes *S* bei seinem Durchgange durch den Meridian beobachtet. Denn, da die Entfernung eines solchen Sternes von der Erde so gross ist, dass alle terrestrischen Grössen dagegen verschwinden, so werden die, von *A* und von *B* aus nach dem Sterne gehenden Visirlinien *AS* und *BS* nicht nur einander selbst, sondern auch der geocentrischen, oder der aus dem Erdmittelpuncte gedachten Visirlinie *CS* parallel sein. Die in *A* und in *B* beobachteten Zenithdistanzen des Sternes sind aber nichts anderes, als die Winkel, welche die Visirlinien *AS* und *BS* mit dem Bleilothe des Instrumentes bilden, dessen Richtung in *A* durch *AC*, in *B* durch *BC* bestimmt wird, weil sich das Bleiloth an jeder Station in die Verticale oder in die Richtung des Halbmessers der (kugelförmig vorausgesetzten) Erde einstellt. Da nun die Visirlinien *AS* und *BS* der geocentrischen Visirlinie *CS* parallel sind, so stellt der Winkel *ACS* die an der ersten Station, und der Winkel *BCS* die an der zweiten Station beobachtete Zenithdistanz dar, und man ersieht hieraus, dass der Winkel *ACB*, oder die gesuchte Amplitude des Bogens *AB*, unmittelbar durch die **Differenz** der beiden Zenithdistanzen gegeben ist.

Die Messung der **Länge** des Meridianbogens *AB* wird durch **geodätische** Operationen bewerkstelligt, wobei man sich anfangs zum Theil des mühsamen Verfahrens einer wirklichen Ausmessung des ganzen Bogens mit der Kette, später aber der Methode der Triangulirung bedient hat.

Da man, namentlich in späteren Zeiten, die Bestimmung der Länge eines Meridiangrades und die Vergleichung solcher Längen für die, unter verschiedenen Breiten liegenden Grade als eine der hauptsächlichen Aufgaben der Geodäsie erkannte, so pflegt man dergleichen Messungen gewöhnlich als Gradmessungen zu bezeichnen, obgleich sie oft über Meridianbogen von vielen Graden ausgedehnt worden sind.

In der Voraussetzung einer vollkommenen Kugelgestalt der Erde mussten natürlich alle Grade gleich gross befunden werden; allein die ersten Messungen gaben wegen der Unvollkommenheit der dabei angewendeten Instrumente und Methoden äusserst abweichende Resultate. Es bestimmte sich z. B. die Länge eines Meridiangrades

nach	Fernel	zu	57070	Toisen
-	Snell	-	55021	-
-	Norwood	-	57424	-
-	Riccioli	-	62650	-

so dass noch Differenzen bis zu mehren tausend Toisen vorlagen. Diese enormen Differenzen und die praktische Wichtigkeit der Sache für Geographie und Schifffahrt veranlassten die französische Akademie der Wissenschaften, den ausgezeichneten Mathematiker Picard mit einer Messung zu beauftragen, bei welcher die höchste Sorgfalt zur Erlangung der möglichsten Genauigkeit führen sollte. Picard maass demzufolge im Jahre 1670 den Bogen zwischen Amiens und Malvoisine, und fand

$$1^\circ = 57060 \text{ Toisen}^{*}),$$

womit zufälligerweise das Resultat von Fernel sehr wohl übereinstimmt**).

§. 7. *Abweichungen der Erde von der Kugelgestalt.*

Bis zu dieser Messung von Picard hatte man als die eigentliche Aufgabe solcher Operationen nur immer die Grössenbestimmung der Erde im Sinne, weil man sie nun einmal für eine vollkommene Kugel hielt, und an der Richtigkeit dieser Voraussetzung gar nicht mehr zweifeln zu können glaubte. Allein von jetzt an wurde auch die Frage nach der

*) *Ouvrages de mathematique de M. Picard*; *à la Haye*, 1731, *S.* 46.

**) Denn Fernel's Messung beruhte auf sehr unsichern Grundlagen; er hatte die Polhöhe von Paris um $\frac{1}{5}^\circ$ unrichtig bestimmt, und maass die Entfernung seiner beiden Stationen durch die Umgänge der Räder eines Wagens.

eigentlichen Gestalt der Erde abermals zu einem Gegenstande der Untersuchung und Discussion erhoben.

Picard gedenkt in seinem Werke *Mesure de la terre* (S. 11), nachdem er den Vorschlag gemacht hat, die Länge des Secundenpendels als Grundlage des Maass-Systemes zu gebrauchen, beiläufig mehrer zu seiner Zeit bekannt gewordener Beobachtungen, welche zu beweisen schienen, dass man das Secundenpendel verkürzen müsse, wenn es aus höheren nach niederen geographischen Breiten gebracht wird; zwar glaubte er die Sache noch in Zweifel stellen zu müssen; sie wurde jedoch schon im Jahre 1672 vollkommen bestätigt, als Richer in Auftrag der Akademie nach Cayenne ging, um unter vielen anderen wissenschaftlichen Fragen auch die zu beantworten, ob wirklich eine solche Verkürzung des Secundenpendels von den Polen nach dem Aequator zu Statt finde. Denn Richer fand in der That, dass das Pariser Secundenpendel in Cayenne um $^5/_4$ Linien verkürzt werden müsse, wenn es auch dort als Secundenpendel schwingen soll*); auch machte Halley im Jahre 1677 dieselbe Erfahrung auf der Insel St. Helena.

Newton und Huyghens suchten diese Erscheinung auf theoretischem Wege zu erklären, indem sie die Lehre von der Schwungkraft auf die Rotation des Erdballs anwendeten, und dabei zugleich auf die Folgerung geführt wurden, dass die Erde nicht vollkommen kugelförmig sein könne, sondern die Gestalt eines, an den Polen seiner Umdrehungsaxe abgeplatteten Sphäroides haben müsse.

Mit dieser Folgerung standen jedoch diejenigen Resultate im völligen Widerspruche, welche die, auf Picard's Vorschlag durch ganz Frankreich von Dünkirchen bis nach Collioure ausgedehnte, und von Dominique Cassini, Jacob Cassini, de la Hire und Maraldi (von 1680 bis 1718) ausgeführte Gradmessung lieferte; Resultate, aus denen Cassini zwar ebenfalls eine Abweichung von der Kugelgestalt, aber gerade im entgegengesetzten Sinne erschliessen zu müssen glaubte, so dass die Erde die Form eines, in der Richtung seiner Umdrehungsaxe langgezogenen Sphäroides haben würde**).

So standen sich denn die Ansichten der grössten Mathematiker und Physiker der damaligen Zeit entgegen, und es galt die Entscheidung der hoch-

*) *Richer, Observations astronomiques et physiques, faites en l'isle de Caïenne; chap. X, article I.*

**) *Cassini, de la grandeur et de la figure de la terre,* in der *Suite des memoires de l'Acad. roy. des sc. année* 1718, *Paris* 1720, *p.* 237.

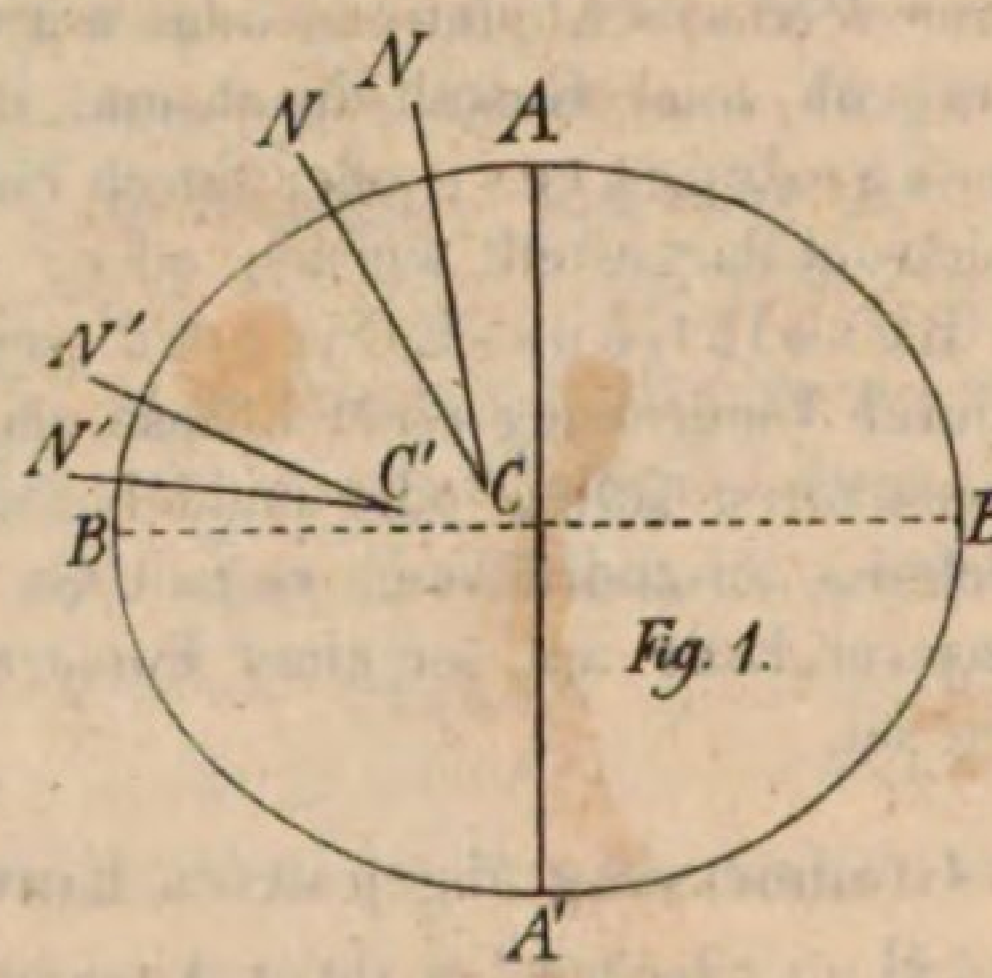
wichtigen Frage, ob unser Planet mit einer Polar-Abplattung oder mit einer Aequatorial-Abplattung versehen sei; ob seine Gestalt durch ein, in der Richtung der Umdrehungsaxe zusammengedrücktes, oder durch ein, in derselben Richtung verlängertes Sphäroid dargestellt werde; oder, wenn dieses Sphäroid im Allgemeinen als ein Revolutions-Ellipsoid gedacht werden kann, ob man solches Ellipsoid durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine oder um ihre grosse Axe construiren solle; oder endlich, um es durch ein allgemein verständliches Gleichniss auszudrücken, es galt die Entscheidung der Frage, ob die Gestalt unserer Erde mit der einer Pomeranze, oder mit der einer Citrone zu vergleichen sei.

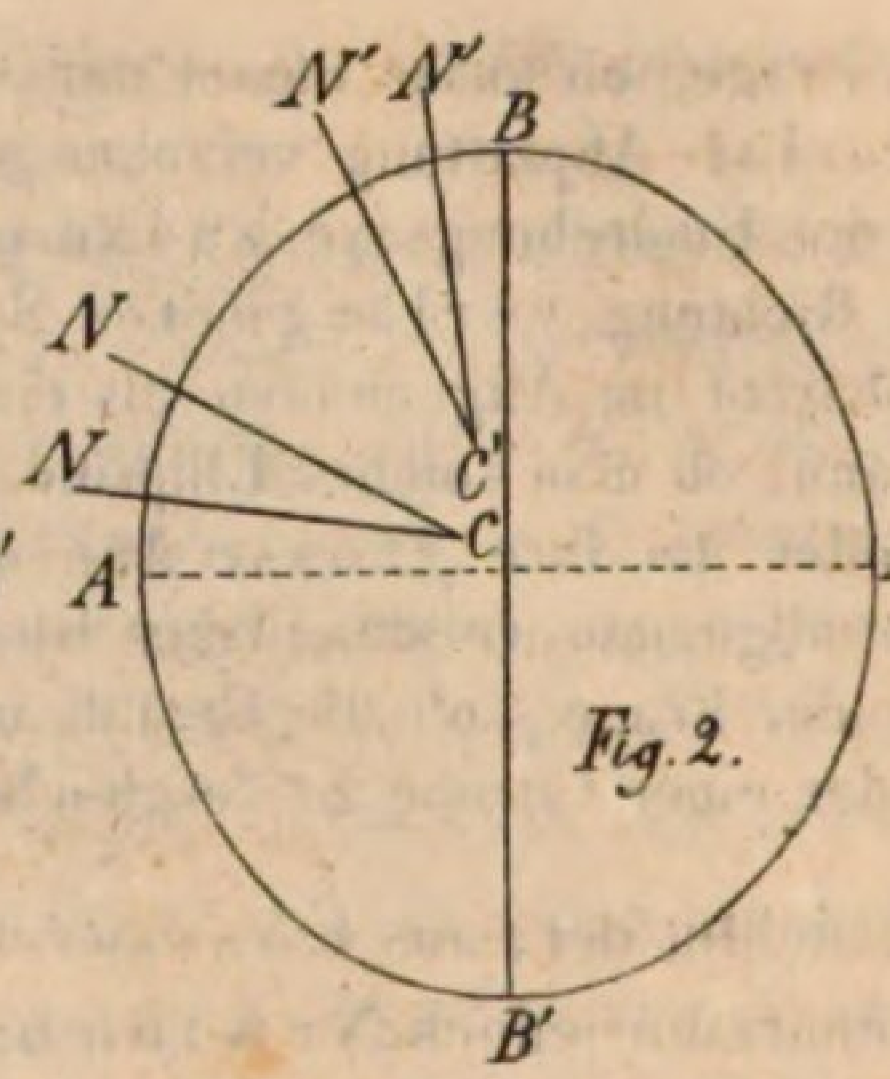
Ungeachtet der, aus Cassini's Gradmessung abgeleiteten Einwendungen beharrten jedoch Newton und Huyghens bei ihrer Ansicht; es erhoben sich Zweifel gegen die Richtigkeit jener Messung, und besonders wurde der Umstand hervorgehoben, dass die Vergleichung so nahe liegender Meridiangrade, wie sie Frankreich, gerade in der Region der mittleren geographischen Breiten, darbiete, wohl nicht zu einem entscheidenden Resultate führen könne. Vielmehr müsse ein Grad unter dem Aequator mit einem in hoher geographischer Breite liegenden Grade verglichen werden, um für die vorliegende Frage eine durchaus zuverlässige Beantwortung zu erhalten.

Um es jedoch einigermaassen begreiflich zu machen, wie die Entscheidung auch dieser Frage durch Gradmessungen erlangt werden konnte, dazu müssen wir folgende Erläuterungen einschalten.

§. 8. *Bestimmung der Form des Erdsphäroides durch Gradmessungen.*

So wie man sich eine regelmässige Kugel dadurch entstanden denken kann, dass eine Kreislinie um einen ihrer Durchmesser gedreht wird, und bei dieser Drehung eine krumme, nach allen Richtungen in sich selbst zurücklaufende Fläche, gleichsam die Spur ihrer eigenen Bewegung, beschreibt, so kann man auch kugelähnliche Körper construiren, indem man sich vorstellt, dass kreisähnlich in sich zurücklaufende Curven, wie es die Ellipsen sind, um eine ihrer Axen gedreht werden. Die Ellipsen unterscheiden sich nämlich dadurch von dem Kreise, dass, während in diesem alle Durchmesser einander gleich sind, in jenen die Durchmesser ungleich und im Allgemeinen nur paarweise gleich sind, mit Ausnahme des kleinsten und des grössten Durchmessers, welche nur einzeln existiren, und die kleine und grosse Axe genannt werden. Denkt man sich nun eine solche Ellipse entweder um ihre kleine Axe AA', Fig. 1, oder um ihre grosse Axe BB', Fig. 2





gedreht, so wird sie bei solcher Drehung in beiden Fällen die Oberfläche eines Sphäroides beschreiben, welches, dieser seiner Entstehungsweise wegen, ein Revolutions-Ellipsoid genannt wird, und im ersteren Falle ein kurzaxiges, d. h. nach seiner Umdrehungsaxe AA' verkürztes, oder mit einer Polar-Abplattung versehenes Ellipsoid, im anderen Falle dagegen ein langaxiges, d. h. nach seiner Umdrehungsaxe BB' verlängertes, oder mit einer Aequatorial-Abplattung versehenes Ellipsoid ist.

Diese beiden, mit einer Pomeranze und einer Citrone vergleichbaren Formen sind es nun, welche einerseits durch Newtons Theorie, anderseits durch Cassini's Messung für die Erde nachgewiesen zu sein schienen, und über welche, da doch nur eine von ihnen zulässig ist, durch weitere Gradmessungen entschieden werden sollte.

Ist die Erde ein kurzaxiges Ellipsoid (Fig. 1), so liegen ihre Pole bei A und A', und jeder ihrer Meridiane ist eine Ellipse, deren kleine Axe AA' mit der Umdrehungsaxe oder dem Polar-Durchmesser, deren grosse Axe BB' mit einem der Aequatorial-Durchmesser der Erde zusammenfällt. Ist dagegen die Erde ein langaxiges Ellipsoid (Fig. 2), so liegen ihre Pole bei B und B', und jeder ihrer Meridiane ist eine Ellipse, deren grosse Axe BB' mit der Umdrehungsaxe oder dem Polar-Durchmesser, deren kleine Axe AA' mit einem der Aequatorial-Durchmesser der Erde zusammenfällt.

Die, durch Gradmessungen zu erlangende Entscheidung über die Zulässigkeit der einen oder der anderen Gestalt beruht nun auf folgendem Satze. In jeder Ellipse sind Bogen von gleicher Amplitude oder von gleichem Winkelmaasse um so länger, je näher sie der kleinen Axe, und um so kürzer, je näher sie der grossen Axe liegen.

Die Amplitude oder das Winkelmaass eines elliptischen Bogens NN wird nämlich durch den Neigungswinkel NCN der beiden, durch seine Endpuncte

gehenden Normalen *NC* bestimmt*). Nehmen wir also an, der, von je zweien solchen Normalen eingeschlossene Winkel *NCN* oder *N'C'N'* messe genau einen Grad, so werden die von ihnen abgeschnittenen Bogen *NN* und *N'N'* als Grade des elliptischen Meridianes zu betrachten sein. Ist nun die Erde ein kurzaxiges Ellipsoid, Fig. 1, wie solches von Newton vorausgesetzt wurde, so liegen ihre Pole bei *A* und *A'*, und die Grade des elliptischen Meridianes werden nach den Polen zu grösser, nach dem Aequator zu kleiner sein müssen. Wäre dagegen die Erde ein langaxiges Ellipsoid, Fig. 2, wie solches von Cassini angenommen wurde, so liegen ihre Pole bei *B* und *B'*, und die Grade des elliptischen Meridianes werden nach den Polen zu kleiner, nach dem Aequator hin grösser sein müssen.

Die Grössen-Differenz je zweier Meridiangrade wird aber in beiden Fällen mit desto bedeutenderem Werthe hervortreten, je weiter diese Grade im Quadranten aus einander liegen, je näher dem Pole der eine, und je näher dem Aequator der andere Grad gewählt wird.

Die, auf Cassini's Messung gegründete Vergleichung der nördlichen und südlichen Grade in Frankreich, hatte zwar das Resultat geliefert, dass die nördlichen (dem Pole näheren) Grade kleiner seien, als die südlichen (dem Aequator näheren) Grade**); weil jedoch diese Grade im Quadranten sehr nahe beisammen liegen, so konnte es leicht geschehen, dass die, für sie nicht sehr bedeutenden Grössen-Differenzen durch Messungs- oder Rechnungsfehler in entgegengesetztem Sinne hervortraten; wie solches auch später von Lacaille nachgewiesen worden ist.

Es handelte sich also in der That nur darum, zwei, unter sehr verschiedenen geographischen Breiten liegende Meridiangrade zu messen, um die wichtige Frage zu beantworten, ob die Erde eine Polar-Abplattung, oder eine Aequatorial-Abplattung habe, ob ihre Gestalt die eines kurzaxigen, oder die eines langaxigen Ellipsoides sei.

§. 9. *Ellipsoidform und Abplattung der Erde.*

Zu dem Ende veranstaltete die französische Regierung die beiden, in der Geschichte der Wissenschaften ewig denkwürdigen Expeditionen nach dem Aequator und nach dem Polarkreise, indem Bouguer und Condamine im Jahre 1735 nach Peru, Maupertuis und Clairaut im Jahre 1736 nach Lappland geschickt wurden; jene sollten einen Grad unter dem Aequator, diese einen Grad unter dem Polarkreise messen.

*) Die Normale für irgend einen Punct N der Ellipse ist diejenige Linie, welche die Tangente desselben Punctes rechtwinklig schneidet.

**) *Cassini, de la grandeur et de la figure de la terre*, in *Suite des Mém. de l'Acad. roy. des sciences; année* 1718, *Paris* 1720, *p.* 237.

Die Resultate dieser Messungen waren vollkommen entscheidend für die von Newton und Huyghens aufgestellte Theorie, dass die Erde ein kurzaxiges oder ein mit Polar-Abplattung versehenes Ellipsoid sein müsse, indem die Länge eines Meridiangrades unter dem Aequator viel kleiner gefunden wurde, als unter dem Polarkreise. Es gab nämlich die Peruanische Messung

$$1^\circ = 56753 \text{ Toisen},$$

die Lappländische Messung

$$1^\circ = 57437 \text{ Toisen},$$

also 684 Toisen Unterschied. Sind nun auch diese Zahlen später corrigirt, und namentlich von Svanberg die schon früher angeregten Bedenken gegen die Richtigkeit der Maupertuis'schen Arbeit durch eine, in den Jahren 1801 bis 1803 wiederholte Messung des Lappländischen Grades vollkommen bestätigt worden, so bleibt doch, selbst nach diesen Correctionen, das allgemeine Resultat dasselbe, obgleich die Grösse der Differenz etwas vermindert erscheint*).

Bald kamen nun mehre und zum Theil recht ausgedehnte Gradmessungen in sehr verschiedenen Gegenden der Erde zur Ausführung; die meisten derselben lieferten Resultate, welche die Polar-Abplattung des Erdsphäroides bestätigten, obgleich sie die Grösse dieser Abplattung mit sehr verschiedenen Werthen hervortreten lassen.

Die äusserst genaue Gradmessung von Mudge in England schien jedoch gegen die Polar-Abplattung zu zeugen, weil der höhere Breitengrad kleiner gefunden wurde, als der unmittelbar angränzende niedere Breitengrad. Indessen zog Mudge selbst aus dieser Anomalie die Folgerung, dass das Bleiloth seines Instrumentes eine störende Ablenkung erfahren haben müsse. Die, am Vorgebirge der guten Hoffnung von Lacaille ausgeführte Gradmessung wurde ihrer auffallenden Abweichung wegen zur Begründung der Ansicht benutzt, dass die südliche Hemisphäre weit stärker abgeplattet sei, als die nördliche Hemisphäre.

Unter allen Gradmessungen ist jedoch die grossartigste diejenige, welche von der französischen Republik im Jahre 1792 angeordnet, von Mechain und Delambre begonnen und von Biot und Arago vollendet wurde. Dieselbe erstreckte sich von Dünkirchen aus bis zur Insel Formentera im Mittelländischen Meere, durch einen Meridianbogen von 12° 22′. Sie hatte zum Hauptzwecke die Begründung des neuen französischen Maasssystemes, indem aus dem gemessenen Bogen die Grösse des Quadranten des Pariser Meridianes berechnet, und der 10-Millionte Theil dieses Quadranten als Einheit dem neuen Maasssysteme zu Grunde gelegt werden sollte. Zugleich aber sollte die frühere Cas-

*) Nach Delambre und v. Zach würde der Peruanische Grad auf 56731,7, und nach Svanberg der Lappländische Grad auf 57209,28 Toisen zu reduciren sein, was 477,58 Toisen Unterschied giebt.

sinische Messung revidirt und die Frage über die wahre Configuration des Erdballs zur völligen Entscheidung gebracht werden.

Seit dieser grossen französischen Unternehmung sind übrigens noch einige Gradmessungen ausgeführt worden, welche wohl als die genauesten Operationen der Art zu betrachten sein möchten; nämlich die Hannoversche, zwischen Göttingen und Altona, durch Gauss, die Dänische, zwischen Lauenburg und Lysabbel durch Schumacher, die Russische durch Struve, welche in ihrer weiteren Ausdehnung durch v. Tenner einen über 8° langen Bogen begreift, und die Preussische, in der Gegend von Königsberg, durch Bessel und Bayer.

Sind denn nun aber durch diese grossen und kostspieligen geodätischen Arbeiten hinlänglich übereinstimmende Resultate über die Gestalt und Grösse des Erdballs gewonnen worden? Nicht in dem Grade, als es zu erwarten war. Ueber die Polar-Abplattung der Erde lassen sie keinen Zweifel übrig; allein über die Grösse dieser Abplattung und folglich über das wahre Verhältniss der Dimensionen des Erdsphäroides liefern sie sehr verschiedene Resultate, was theils in unvermeidlichen Beobachtungsfehlern, theils in wirklichen Unregelmässigkeiten der Configuration des Erdballs begründet sein mag.

Setzen wir den Aequatorialhalbmesser $= a$, und den Polarhalbmesser $= b$, so bestimmt sich die Grösse der Abplattung

$$\alpha = \frac{a - b}{a}$$

Es würden nun eigentlich je zwei unter verschiedenen Breiten gemessene Grade ausreichen, um diesen Werth von α, und somit die Gestalt der Erde zu bestimmen; allein jedes Paar der vorhandenen Messungen giebt einen anderen Werth für die Abplattung, und selbst die Combinationen mehrer Messungen liefern verschiedene Werthe, je nachdem man dabei diese oder jene Messungen zu Grunde legt, und von diesen oder jenen Principien ausgeht. Walbeck bestimmte wohl zuerst den richtigen Gesichtspunct, von welchem man bei dergleichen Combinationen ausgehen muss*), und nach ihm versuchte Eduard Schmidt eine noch vollständigere Lösung des Problemes**). Endlich hat sich auch Bessel der Arbeit unterzogen, aus einer ähnlichen Combination der zehn zuverlässigsten Gradmessungen (nämlich der Peruanischen, der ersten und zweiten Ostindischen, der Französischen, der Schwedischen von Svanberg, der Englischen, der Hannoverschen, der Dänischen, der Preussischen und der Russischen) die Dimensionen desjenigen Ellipsoides abzuleiten, welches

*) In seiner Dissertation: *De forma et magnitudine telluris, ex dimensis arcubus meridiani definiendis.*

**) Lehrbuch der mathematischen und physischen Geographie; I, 1829, S. 183 ff.

diesen Messungen am meisten entspricht*), und es dürften die von ihm gefundenen Zahlen als das letzte und genaueste Ergebniss der höheren Geodäsie zu betrachten sein. Bessel findet:

die Abplattung = $1/_{299}$,
den Aequatorialhalbmesser = 3.272077 Toisen,
den Polarhalbmesser = 3.261139 Toisen,
den Meridiangrad unter 45° = 57012,5 Toisen,
einen Grad des Aequators = 57108,5 Toisen.

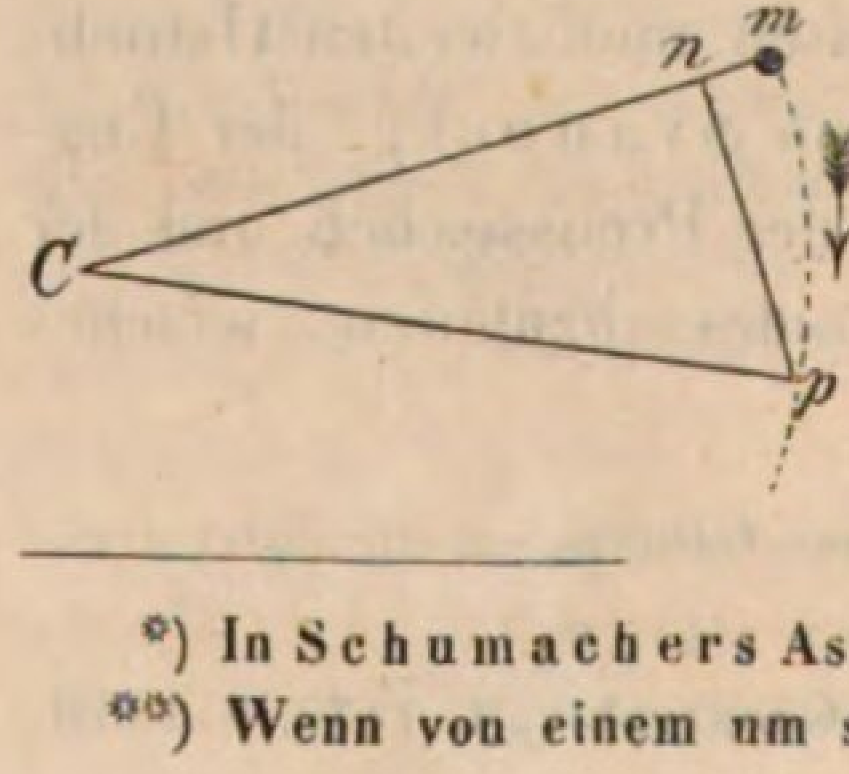
Hiernach bestimmt sich eine geographische Meile = 22843,4 Par. Fuss und, in runden Zahlen, die Erdaxe = 1713, der Aequatorial-Durchmesser = 1719 Meilen.

Ueber die Verhältnisse dieses geometrischen (und gewissermaassen idealen) Ellipsoides zu der physischen (und realen) Gestalt der Erdoberfläche wird das Erforderliche weiter unten (§. 12) mitgetheilt werden.

§. 10. *Theoretischer Beweis für die Polar-Abplattung der Erde.*

Es wurde bereits oben in §. 7 beiläufig erwähnt, dass Huyghens und Newton noch vor den entscheidenden Gradmessungen aus der Rotationsbewegung der Erde, unter Voraussetzung eines ursprünglich flüssigen Zustandes derselben, auf ihre ellipsoidische Gestalt geschlossen hatten. Man pflegt diese Schlussfolge den theoretischen Beweis für die Polar-Abplattung unseres Planeten zu nennen, und es ist gerade dieser Beweis von so hohem Interesse für die Geologie, dass wir ihm unsere besondere Aufmerksamkeit schenken müssen. Derselbe beruht auf den Gesetzen der Centralkräfte, und lässt sich etwa durch folgende Betrachtungen erläutern.

Jeder in einer Kreislinie bewegte Körper erhält durch das Beharrungsvermögen ein Bestreben, sich vom Mittelpuncte des Kreises zu entfernen; man nennt dieses Bestreben die Fliehkraft oder Centrifugalkraft**), und obgleich diese Kraft zunächst in der Richtung der Tangente wirkt, so verursacht sie doch eine wirkliche Verminderung derjenigen Kraft, welche den bewegten Körper fortwährend nach dem Mittelpuncte der Bewegung zurückhält; sie sucht ihn eben so von diesem Mittelpuncte wegzuziehen, wie ihn die andere Kraft nach selbigem hinzieht. Wenn der Bogen *mp*, welchen der bewegte



Körper *m* in der Zeit-Einheit, z. B. in der Secunde, durchläuft, sehr klein ist, so wird, wie die Mechanik lehrt, der Effect der Centrifugalkraft durch den *Sinus versus mn* dieses Bogens gemessen, d. h. so wird die Entfernung vom Mittelpuncte *C*, welche der bewegte Körper in derselben Zeit durch die Centrifugalkraft (dafern

*) In Schumachers Astronomischen Nachrichten, Nr. 333 und 438.

**) Wenn von einem um seine Axe rotirenden Körper die Rede ist, wie diess

sie allein wirkte) erleiden würde, genau so gross sein, wie der *Sinus versus* des durchlaufenen Bogens.

Wir wollen nun versuchen, diess auf den Erdball anzuwenden, indem wir dabei von der Voraussetzung ausgehen, dass sich derselbe ursprünglich im flüssigen Zustande befunden habe. Denken wir uns diesen flüssigen Erdball anfangs ohne irgend eine Bewegung, so wirkte die Schwerkraft allein auf alle seine Theile, und es konnte nur die vollkommene Kugelgestalt den Bedingungen des Gleichgewichtes entsprechen. Weil aber die Erdkugel eine Rotationsbewegung um ihre Axe hat, so werden alle Theile derselben nicht blos von der Schwerkraft, sondern auch gleichzeitig von der Centrifugalkraft sollicitirt, und es kommt nun vor allen Dingen darauf an, den Einfluss kennen zu lernen, welchen diese letztere Kraft auf die Gestalt-Veränderung der Kugel ausüben muss.

Nach einem allgemeinen Gesetze der Centralbewegung verhalten sich bei gleichen Rotationszeiten die Centrifugalkräfte wie die Rotationshalbmesser. Nun sind die Rotationszeiten aller Theile unsrer flüssigen Erdkugel einander gleich, denn jeder Theil oder jedes materielle Element derselben wird ja in 24 Stunden ein Mal um ihre Axe herumgeführt. Folglich wird sich die Centrifugalkraft eines jeden Elementes verhalten, wie der Halbmesser seiner Bahn, oder, was dasselbe ist, wie sein Abstand von der Umdrehungsaxe. Wäre uns also die absolute Grösse der Centrifugalkraft für irgend ein, seiner Lage nach gegebenes Element bekannt, so würden wir auch die Centrifugalkraft jedes anderen Elementes zu bestimmen vermögen.

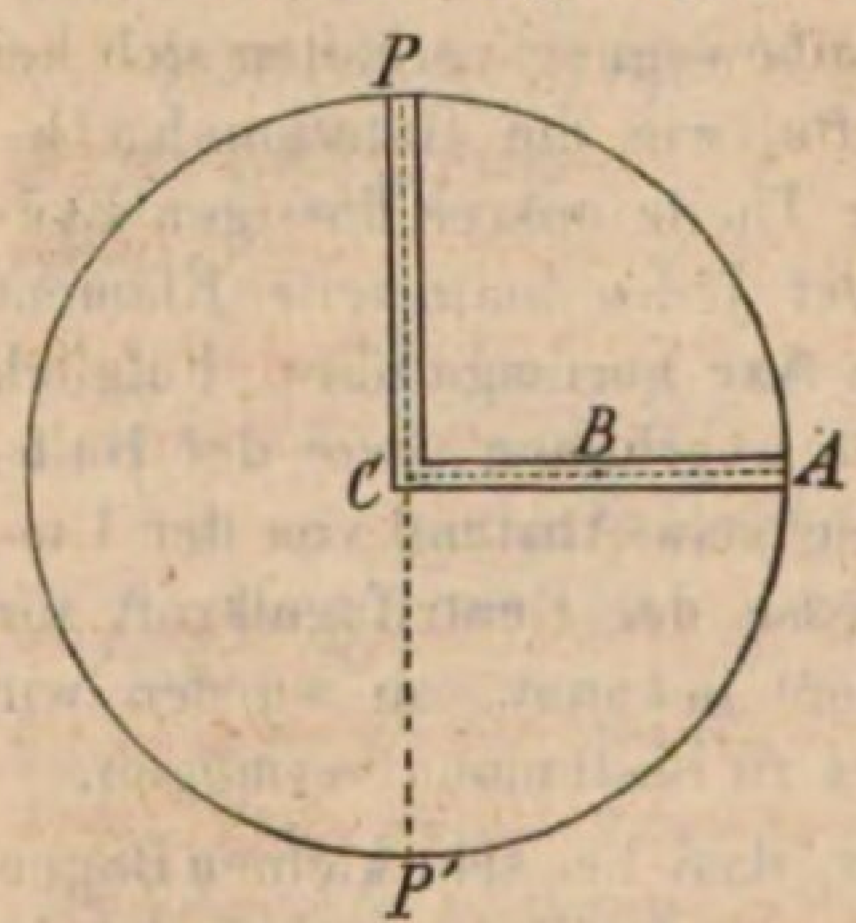
Es lässt uns aber der vorher angeführte Satz, dass bei sehr kleinen Bogen der Effect der Centrifugalkraft durch den *Sinus versus* des Bogens ausgedrückt wird, auf eine sehr einfache Weise die Grösse dieser Kraft, z. B. für ein unter dem Aequator gelegenes Element berechnen. In einer Zeitsecunde durchläuft nämlich jeder Punct des Aequators einen Bogen, dessen Winkelmaass sehr nahe $^1/_4$ Minute oder 15 Bogensecunden beträgt, und welcher also hinreichend klein ist, um eine unmittelbare Anwendung jenes Satzes zu gestatten. Unter Zugrundlegung des Aequatorialhalbmessers der Erde wird aber der *Sinus versus* dieses kleinen Bogens $=$ 0,0521 Par. Fuss, und um so viel würde sich also irgend ein Element des Aequators vom Mittelpuncte der Erde in einer Secunde entfernen, wenn dasselbe dem Zuge der Centrifugalkraft Folge leisten könnte. In derselben Zeit würde es aber durch die Schwerkraft 15,05 Par. Fuss tief fallen, oder dem Mittelpuncte der Erde näher gebracht werden; folglich verhält sich unter dem Aequator die Centrifugalkraft zur Schwerkraft $= 0{,}0521 : 15{,}05$ oder $= 1 : 289$.

Die Centrifugalkraft ist also für jedes Element des Aequators $= {}^1/_{289}$ der Schwerkraft. Da nun unter dem Aequator die Richtungen beider Kräfte einander gerade entgegengesetzt sind, so wird auch dort die Schwere genau um so viel vermindert werden, und daher ein jedes

doch gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, da wird der Ausdruck Axifugalkraft weit richtiger und bezeichnender sein; Bronn, Geschichte der Natur, I, S. 26.

Element des Aequators in Folge der Rotationsbewegung um $^1/_{289}$ leichter sein, als es ohne diese Bewegung sein würde*).

Wir wollen nun mit Huyghens annehmen, der rotirende Erdkörper habe ursprünglich aus einer homogenen und nicht compressibeln Flüssigkeit bestanden, so werden wir die Nothwendigkeit seiner Abplattung zu begreifen und die Grösse derselben wenigstens einigermaassen zu bestimmen vermögen, wenn wir den Gleichgewichtszustand zweier ganz dünner Säulen dieser Flüssigkeit untersuchen, deren eine in den Polarhalbmesser, die andere in den Aequatorialhalbmesser fällt, während beide im Mittelpuncte der Erde mit einander communiciren**). Der leichteren Vorstellung wegen können wir uns diese beiden Flüssigkeitssäulen innerhalb der flüssigen Erdkugel selbst in zwei, mit einander verbundenen Röhren *PC* und *AC* eingeschlossen denken, welche ich die Polarröhre und die Aequatorialröhre nennen will. Wäre die Erdkugel unbeweglich, so würden beide Säulen gleich schwer und also auch gleich lang sein. Weil sich aber die Kugel um ihre Axe *PP'* dreht, so werden die sämmtlichen Elemente der in der Aequatorialröhre eingeschlossenen Flüssigkeit durch die Centrifugalkraft an Schwere verlieren, und zwar um so mehr, je weiter sie vom Mittelpuncte *C* entfernt sind, und jedes einzelne genau im Verhältnisse seiner Entfernung; das äusserste in *A* verliert $^1/_{289}$, das mittlere in *B* $^1/_{578}$, das innerste in *C* verliert gar nichts von seiner Schwere, so dass also überhaupt die Verluste an Schwere für die von *C* bis *A* hinter einander liegenden Theile der Flüssigkeit eine arithmetische Reihe bilden, und die ganze Flüssigkeitssäule der Aequatorialröhre *AC* überhaupt $^1/_{578}$ ihrer Schwere einbüssen muss.



Die Flüssigkeit der Polarröhre *PC* dagegen verliert gar nichts von ihrer Schwere, weil sie in der Drehungsaxe selbst liegt, und folglich dem Einflusse der Centrifugalkraft gar nicht ausgesetzt ist.

*) Man kann sehr leicht zeigen, dass die Verminderung der Schwere für ein jedes andere Element der Erdoberfläche dem Quadrate des Cosinus seiner geographischen Breite proportional ist.

**) Ausser den beiden Voraussetzungen in Betreff der Beschaffenheit des Primordialfluidums führte Huyghens auch noch die Voraussetzung ein, dass die Schwerkraft auf alle Theile der Erdkugel mit gleicher Intensität wirke; was bei dem folgenden Raisonnement wohl zu berücksichtigen ist.

Es kann also in der rotirenden Kugel zwischen beiden Säulen kein Gleichgewicht mehr Statt finden, dafern sie gleich lang bleiben sollen, denn wir haben ja in der Polarröhre eine schwerere Flüssigkeit, als in der Aequatorialröhre; vielmehr kann das gestörte Gleichgewicht nur dadurch wieder hergestellt werden, dass die Aequatorialsäule auf Unkosten der Polarsäule in demselben Verhältnisse an Länge zunimmt, in welchem sie an Schwere abgenommen hat. Folglich müssen beide, in der ruhenden Kugel gleichlange Säulen in der rotirenden Kugel in das Verhältniss von 578 : 577 treten, oder, die Abplattung des flüssigen Erdsphäroides muss $\frac{1}{578}$ betragen*).

Diess ist im Wesentlichen die Theorie von Huyghens, welche schon zwei Jahre früher von Newton begründet, jedoch auf eine etwas andere Weise durchgeführt worden war, so dass er für die Abplattung einen mehr als doppelt so grossen Werth (nämlich $\frac{1}{230}$) gefunden hatte. Dass nun aber diese ersten Resultate der Theorie so bedeutend von dem abweichen, was die Gradmessungen geben, diess kann uns nicht wundern, weil jene Theorie noch mehre Bedingungen voraussetzt, welche in der Wirklichkeit niemals erfüllt gewesen sein können, wie z. B. die Homogenität und Incompressibilität des Primordialfluidums. Später gaben Maclaurin und Clairaut allgemeinere und strengere Beweise für den Satz, dass die Form eines, mit Polar-Abplattung versehenen Ellipsoides den Bedingungen des Gleichgewichtes Genüge leiste. Legendre bewies die physikalische Nothwendigkeit dieser Form, und Laplace, welcher dieselbe Untersuchung in der grössten Allgemeinheit durchführte, berechnete die Abplattung zu $\frac{1}{305}$. Endlich hat Ivory das Problem nochmals einer gründlichen, von beschränkenden Voraussetzungen möglichst befreiten Untersuchung unterworfen, und die Abplattung des ursprünglich flüssigen Erdsphäroides $= \frac{1}{289}$, also genau so gross gefunden, wie das

*) Unter den verschiedenen Experimenten, welche man ausgedacht hat, um die Nothwendigkeit einer Abplattung empirisch darzuthun, ist keines interessanter, als dasjenige von Plateau. Dieser brachte eine grosse Masse fetten Oeles in ein Gemisch von Wasser und Alkohol, dessen Dichtigkeit der des Oeles genau gleich gemacht worden war. Die Oelmasse war sonach den Wirkungen der Schwerkraft gänzlich entzogen, und lediglich ihren eigenen Anziehungskräften unterworfen, durch welche sie im Zustande der Ruhe eine vollkommene Kugelgestalt erhielt. Wurde sie aber mittels einer dazu geeigneten Vorrichtung in Rotationsbewegung versetzt, so bildete sie ein Sphäroid, welches sich, bei hinreichend gesteigerter Geschwindigkeit der Rotation, in der Axe aushöhlte und endlich zu einem Ringe umgestaltete. Poggendorffs Annalen, Band 55, 1842, S. 517, und weit ausführlicher Ergänzungsband II, 1846, S. 249 ff.

Verhältniss der Centrifugalkraft zur Schwerkraft unter dem Aequator*). Diese, von Laplace und Ivory gefundenen Werthe stimmen mit der, durch die Gradmessungen bestimmten Abplattung so nahe überein, als es bei der Schwierigkeit des hier vorliegenden hydrodynamischen Problems überhaupt zu erwarten ist; der von Ivory bestimmte Werth aber muss wegen seiner Uebereinstimmung mit dem Verhältnisse der Centrifugalkraft zur Schwerkraft und mit dem, aus Sabine's Pendelversuchen abgeleiteten Resultate unsere besondere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen.

§. 11. *Bestimmung der Gestalt der Erde durch Pendelschwingungen.*

Auf den ersten Blick hat es allerdings etwas Unbegreifliches, wie die Schwingungen eines Pendels zur Erkennung und Messung der Abplattung unsers Planeten führen können. Es bedarf jedoch nur einer sehr einfachen Betrachtung, um die Sache einleuchtend zu machen.

Das Vorhandensein einer Abplattung überhaupt wird durch Pendelversuche aus folgenden Gründen erkannt werden können. Ein und dasselbe Pendel macht in derselben Zeit unter dem Aequator weniger Schwingungen, als in höheren geographischen Breiten; daher man denn auch das Secundenpendel verkürzen muss, wenn dasselbe, aus höheren in niedere Breiten gebracht, immer noch richtige Secunden schlagen soll (§. 7). Da es nun lediglich die Schwerkraft ist, deren Wirkung die Pendelschwingungen hervorbringt, so muss diese Kraft unter dem Aequator nothwendig geringer sein, als in höheren Breiten, und überhaupt vom Aequator aus nach den Polen hin zunehmen. Es fragt sich nun, wie diess mit einer Abplattung der Erde zusammenhängen kann.

Wäre die Erde vollkommen kugelförmig, und dabei starr und keiner Formänderung fähig, so würde ein Pendel schon vermöge der Rotationsbewegung unter dem Aequator langsamer schwingen müssen, als unter den Polen, weil ja, wie wir in §. 10 gesehen haben, ein Theil der Schwerkraft durch die Centrifugalkraft aufgehoben wird. Sonach ist schon in der Rotation eine Ursache zur Verzögerung der Pendelschwingungen vom Pole nach dem Aequator hin gegeben. Dazu gesellt sich nun aber eine zweite Ursache, sobald die Erde eine ellipsoidische Gestalt hat. Die Schwerkraft wirkt nämlich auf jedes materielle Element im umgekehrten Verhältnisse des Quadrates seiner Entfernung vom Erdmittelpuncte. Weil nun bei ellipsoidischer Gestalt unserer Erde alle Puncte des

*) *Ivory, on the figure, requisite to maintain the equilibrium of a homogeneous fluid mass, that revolves upon an axis, in Philos. Trans. for* 1824, *p.* 85 *ff.*

Aequators vom Mittelpuncte weiter entfernt sind, als jeder andere Punct ihrer Oberfläche, so würde schon deshalb, selbst auf dem ruhenden Erdballe, von den Polen nach dem Aequator hin eine Verminderung der Schwere und folglich eine Verzögerung der Pendelschwingungen Statt finden müssen.

Hat also unser Planet ellipsoidische Form und Rotationsbewegung zugleich, so wird die Verminderung der Schwere unter dem Aequator, wie sich solche in der geringeren Zahl der Pendelschläge offenbart, eigentlich die gemeinschaftliche Wirkung zweier, gleichzeitig thätiger Ursachen sein.

Es kam daher nur darauf an, zu untersuchen, ob die durch die Pendelschwingungen angezeigte Grösse der gesammten Schwere-Verminderung durch den blosen Einfluss der Rotationsbewegung allein hinreichend erklärt werden könne, oder, ob nach Abzug dieses Einflusses noch ein Ueberrest zurückbleibe, welcher auf Rechnung einer andern Ursache, nämlich der Abplattung, zu setzen sei.

Man fand nun in der That einen solchen Betrag der Schwere-Verminderung, dass die Rotationsbewegung nicht ausreicht, um ihn aus ihr allein abzuleiten, dass vielmehr eine Abplattung zu Hilfe genommen werden muss, um ihn völlig zu erklären; und so war denn auch durch die Pendelbeobachtungen die Existenz einer Abplattung im Allgemeinen nachgewiesen.

Aber auch die Grösse dieser Abplattung würde sich mittels einer sehr einfachen Rechnung aus je zweien, unter verschiedenen geographischen Breiten angestellten Pendelbeobachtungen auffinden lassen. Leider sind jedoch diese Beobachtungen so manchen Schwierigkeiten und Störungen unterworfen, dass die Combination selbst der zuverlässigsten Beobachtungsreihen zu keinen ganz übereinstimmenden Resultaten geführt hat.

Zu den genauesten Pendelbeobachtungen gehören unstreitig diejenigen, welche Biot und Kater an den Hauptstationen der in Frankreich und England gemessenen Meridianbogen zur Ausführung brachten. Noch bedeutsamer aber, besonders wegen ihrer Ausdehnung über sehr verschiedene Theile der Erde, vom Aequator bis nahe an den Pol, sind diejenigen Beobachtungen, welche Sabine, Freycinet, Lütke und andere Seefahrer angestellt haben. Als einige der wichtigsten Resultate dieser letzteren Beobachtungen heben wir folgende heraus:

1) Die Abplattung beider Hemisphären, nämlich der nördlichen und südlichen, ist nicht merklich verschieden; diess widerlegt die, aus den weniger genauen Pendelbeobachtungen Malaspina's durch Mathieu

und v. Lindenau abgeleiteten Folgerungen, welche, eben so wie Lacaille's Gradmessung (§. 9), eine grössere Abplattung der südlichen Hemisphäre zu beweisen schienen *).

2) Die Abplattung ist grösser als $1/_{305}$; sie ergiebt sich nämlich:

aus den Beobachtungen von Freycinet $= 1/_{286,2}$

" " " " " Sabine $= 1/_{288,4}$

" " " " " Foster $= 1/_{289,5}$.

Da sich nun insbesondere die Beobachtungen des Capitain Sabine über das grösste Beobachtungsfeld, nämlich von 15° südl. Breite bis fast 80° nördl. Breite erstrecken, so möchte der aus ihnen abgeleitete Werth der Abplattung der Wahrheit am nächsten kommen; um so mehr, als er sich von denen durch die Gradmessungen gefundenen Werthen am wenigsten entfernt. Borenius glaubt daher, dass man mit hinlänglicher Genauigkeit $1/_{289}$ als den mittlern Werth der durch Pendelversuche bestimmten Abplattung betrachten kann **).

3) Sehr wichtig ist die mehrfach bestätigte Beobachtung, dass die Natur der unmittelbar unter der Erdoberfläche anstehenden Gesteinsmassen einen wesentlichen Einfluss auf die Pendelschwingungen ausübt, indem gewisse Gesteine beschleunigend, andere verzögernd auf den Gang des Pendels einwirken. Die Art dieser Einwirkung scheint im Allgemeinen von der grössern oder geringern Dichtigkeit der Gesteine abzuhängen, so dass die dichteren oder specifisch schwereren Gesteine eine Beschleunigung, die minder dichten, oder specifisch leichteren Gesteine eine Verzögerung der Schwingungen verursachen.

4) Aus allen Pendelbeobachtungen scheint zu folgen, dass die Gestalt der Erde von der eines regelmässigen Ellipsoides stellenweise mehr oder weniger abweiche.

Die vorhin erwähnten Störungen, welche die, zunächst unter der Oberfläche liegenden Gesteinsmassen auf die Schwingungen des Pendels ausüben, sind eine im hohen Grade beachtenswerthe Erscheinung. Wenn sie einerseits alle Versuche, die wahre Gestalt der Erde durch Pendelbeobachtungen zu bestimmen, mit einer fast unvermeidlichen Unsicherheit behaften, so gewähren

*) Dasselbe Resultat folgt übrigens auch aus der Vergleichung zweckmässig ausgewählter Gradmessungen, wie Biot in den *Mémoires de l'Acad. des Sciences, T. VIII*, 1829, *p.* 39 *ff.* gezeigt hat.

**) *Bulletin de la classe physico-mathematique de l'Academie imper. des sciences de S. Petersbourg*, *t. I*, 1842, *p.* 24. Indessen ist sie neuerdings von Guiot, unter Anwendung ganz eigenthümlicher Correctionen, aus 18 Pendelversuchen von Biot, Mathieu, Duperrey, Freycinet, Arago und Sabine etwas grösser, nämlich zu $1/_{285}$ berechnet worden. *Comptes rendus, t.* 25, 1847, *p.* 197.

sie uns anderseits ein vortreffliches Hilfsmittel, um die localen Verschiedenheiten der Dichtigkeit der äusseren Erdkruste zu ermitteln. Während daher Rozet und Hossard das Pendel überhaupt für jenen ersteren Zweck als ein durchaus unbrauchbares Instrument erklären*), so glauben sie hinsichtlich des zweiten Zweckes in demselben ein recht eigentliches Instrument der Geologie zu erkennen, wie diess schon von Poisson ausgesprochen worden war**).

§. 12. *Unregelmässigkeiten der Gestalt der Erde.*

Wenn wir in den vorhergehenden §§. auf das Resultat gelangt sind, dass die Gestalt unsers Planeten durch ein Ellipsoid von $^1/_{299}$ (bis $^1/_{289}$) Polar-Abplattung und 1713 Meilen Axenlänge bestimmt werde, so ist diess nur so zu verstehen, dass die Oberfläche eines solchen Ellipsoides diejenige krumme Fläche ist, welcher sich die allgemeine Configuration der Erde am meisten nähert. Allein die besondere Configuration derselben lässt mehr oder weniger bedeutende Abweichungen von der Regelmässigkeit jenes Ellipsoides erkennen, so dass wir in diesem letzteren gewissermassen nur die ideale Form erkannt haben, auf deren Herstellung die Natur eigentlich hinarbeitete, und welche wohl auch während des ursprünglichen Flüssigkeitszustandes unsers Planeten wirklich bestanden haben mag, während sie später mancherlei Perturbationen unterworfen war, und daher gegenwärtig viele Anomalien zeigt***).

Schon die auffallenden Differenzen, welche selbst die genauesten Gradmessungen in ihren Resultaten zeigen, müssen die Vermuthung begründen, dass die gegenwärtige Configuration unsers Planeten eigentlich gar nicht durch irgend eine stetig ausgedehnte krumme Oberfläche dargestellt werde. Denn, obgleich sehr viele jener Differenzen durch locale, von der ungleichen Vertheilung der Massen herrührende Anziehungen zu erklären sind, in Folge welcher das Bleiloth aus der Richtung der wahren Verticale gebracht wurde, so würde dennoch in vielen Fällen eine grössere Uebereinstimmung zu erwarten gewesen sein, wenn nicht zu der so eben angedeuteten Ursache auch wirkliche und auffallende Abweichungen der Configuration hinzukämen; Abweichungen, welche uns

*) *Le pendule ne peut absolument rien apprendre relativement à elle*, sagt Rozet in Betreff der Gestalt unsrer Erde (*l'Institut*, 1844, *Nr.* 527, *p.* 38).

**) *Le pendule est donc un veritable instrument de géologie; ibid. Nr.* 531, *p.* 78; und Poisson, im *traité de mécanique*, *t. I*, *p.* 491.

***) Bessel sagt (Astron. Nachrichten, Bd. XIV, S. 333): »man kennt die Figur der Erde nicht; man weiss vielmehr, dass sie unregelmässig ist. Jedoch ist ein elliptisches Rotationssphäroid vorhanden, von dessen Oberfläche sich die Oberfläche der Erde an keinem ihrer Puncte weit entfernt.«

zu der Folgerung berechtigen, dass streng genommen keiner der Meridiane in seiner ganzen Ausdehnung eine wirkliche Ellipse und weder der Aequator noch irgend einer der Parallelkreise in seiner ganzen Ausdehnung ein wirklicher Kreis ist.

Es bedarf ja nur eines Blickes auf die so ungleiche und regellose Vertheilung von Wasser und Land, welches letztere in seinen höchsten Gipfeln bis zu einer geographischen Meile und noch höher über den Meeresspiegel heraufragt, während es in seinen tiefsten Puncten, als Meeresgrund, vielleicht eben so tief unter den Meeresspiegel hinabreicht*), um sich zu überzeugen, dass jene Folgerung wenigstens für die Oberfläche der festen Erdkruste vollkommen gerechtfertigt sei. Denn wir sehen ja, dass manche Puncte dieser festen Oberfläche dem Erdmittelpuncte wohl um zwei geogr. Meilen näher liegen, als andere Puncte, obwohl sie beinahe unter einem und demselben Parallelkreise gelegen sind.

Allein, ganz abgesehen von diesen speciellen und höchst auffallenden Unregelmässigkeiten der starren Erdoberfläche (welche eben so wenig ein Gegenstand der Gradmessungen, als des gegenwärtigen Capitels sind), lässt auch die, in der Oberfläche des Meeres und der, meeresgleich ausgedehnten Ebenen hervortretende Configuration der Erde noch sehr viele Abweichungen von der vorausgesetzten Ellipsoidgestalt erkennen, wie solches eine Vergleichung der geodätisch und der astronomisch bestimmten Amplitude derselben Meridianbogen lehrt. Mit Untersuchungen über diese Unregelmässigkeiten der Erdfigur und über den Einfluss derselben auf geodätische Arbeiten haben sich neuerdings besonders Bessel und Rozet beschäftigt**). Es ergiebt sich aus diesen Untersuchungen, dass die Abweichungen von der Oberfläche des Ellipsoides theils als Erhöhungen über, theils als Vertiefungen unter derselben hervortreten, dass solche oft innerhalb kleiner Distanzen nachgewiesen werden können, dass selbst der Meeresspiegel mit flachen Anschwellungen und Depressionen versehen ist***), und dass es ausgedehnte Landstriche giebt, welche tiefer als der Meeresspiegel liegen, ohne doch überfluthet zu wer-

*) Wenigstens nach der Peilung von James Ross, 900 Seemeilen westlich von St. Helena; Poggendorffs Annalen, Bd. 51, S. 518.

**) Bessel in Astronomischen Nachrichten, Bd. XIV, 1837, S. 269 ff. und Rozet in *Mémoires de la soc. géol. de France*, *deuxième serie*, *t. I*, 1844, *p.* 1 *ff.* auch *Bulletin de la soc. géol.*, *t.* 13, *p.* 175 und *l'Institut*, 1844, *Nr.* 527, *p.* 37 *f.*

***) Eckardt hob es schon in Kastners Archiv Bd. VIII, S. 300 hervor, dass die Meeresoberfläche, da sie immer rechtwinkelig auf dem Lothe ist, locale Biegungen und Undulationen zeigen müsse.

den, weil das Wasser durch die Gravitation an seiner Stelle zurückgehalten wird.

Indessen alle diese, so wie die vorher erwähnten grösseren Unregelmässigkeiten können doch der Behauptung keinen wesentlichen Eintrag thun, dass die Natur ursprünglich auf die Ausbildung eines Ellipsoides von den oben angegebenen Dimensionen hinarbeitete, und dass es dieses, oder doch ein sehr ähnliches Ellipsoid war, welches bei dem ursprünglichen Flüssigkeitszustande des Erdballs den Bedingungen des Gleichgewichtes allein entsprechen konnte, so wie es noch gegenwärtig in der Oberfläche des Meeresspiegels mit mehr oder weniger Regelmässigkeit hervortritt.

Ich glaube dieses Capitel nicht zweckmässiger als mit folgenden Bemerkungen Bessel's beschliessen zu können*): »Es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen der physischen und der geometrischen Figur der Erde. Jene wird unmittelbar durch die Oberfläche des Festen und des Flüssigen auf der Erde angegeben; diese dagegen ist eine Oberfläche, welche die Richtungen der Kräfte senkrecht durchschneidet, die aus allen, von den einzelnen Theilchen der Erde ausgehenden Anziehungen, verbunden mit der, ihrer Umdrehungsgeschwindigkeit entsprechenden Centrifugalkraft, zusammengesetzt sind. Die Wahl der letztern würde willkürlich bleiben, wenn die Erde nur ein fester Körper, ohne das Meer wäre; da dieses aber vorhanden ist, so ist es der Natur angemessen, diejenige Fläche für die Oberfläche der Erde anzunehmen, von welcher die Oberfläche des Meeres ein Theil ist. Denkt man sich also die Erde mit einem Netze von Canälen durchzogen, welche mit dem Meere in Verbindung stehen und durch dieses gefüllt werden, so fällt die Oberfläche des ruhigen Wassers in denselben mit der geometrischen Oberfläche der Erde zusammen. — Die Unregelmässigkeiten der geometrischen Oberfläche der Erde muss man als gesetzlos vertheilt betrachten, als kleine Erhöhungen über, oder kleine Vertiefungen unter der Oberfläche des ihr im Ganzen am meisten gleichenden elliptischen Rotationssphäroides. — Der schnelle Wechsel des Einflusses, welchen diese Unregelmässigkeiten auf mehre der vorhandenen Gradmessungen geäussert haben, reicht hin zu zeigen, dass die Ausdehnung der Wellen oft klein genug sein muss, um in Entfernungen von weniger als einem Grade eine Veränderung der Neigung ihrer Oberfläche gegen die Oberfläche des elliptischen Sphäroides hervorzubringen, welche die möglichen Fehler unsrer gegenwärtigen astronomischen Beobachtungen weit überschreitet. — Wenn man auch nicht erwarten kann, in den Unregelmässigkeiten der Erdoberfläche etwas Gesetzmässiges zu entdecken, oder, mit andern Worten, ihnen den Charakter der Unregelmässigkeit zu rauben, so wird doch jede neue geodätische, mit astronomischen Bestimmungen verbundene Arbeit ihr Vorhandensein aufs Neue darthun, oder wenigstens darthun können.«

*) Bessel, a. a. O. S. 269 – 272.

Zweites Capitel.

Mittlere Dichtigkeit der Erde.

§. 13. *Begriff derselben und Methoden ihrer Bestimmung.*

Nachdem wir die Gestalt und Grösse unseres Planeten kennen gelernt haben, so entsteht uns zunächst die Frage nach der Masse desselben. Diese Frage wird freilich in Bezug auf das Erdganze nur eine sehr allgemeine Beantwortung zulassen, weil wir eine speciellere Kenntniss des Materiales lediglich von der Erdkruste besitzen, deren gasige, flüssige und feste Bestandtheile uns ziemlich bekannt sind. Ob aber das Erdinnere aus denselben, oder wenigstens aus ähnlichen Materialien bestehe, ob sich diese Materialien dort im festen oder flüssigen Zustande befinden, darüber stehen uns nur mehr oder weniger wahrscheinliche Vermuthungen zu Gebote.

Allein, ganz abgesehen von der materiellen Beschaffenheit derjenigen anorganischen Aggregate, welche unsern Planeten so nach aussen wie nach innen zusammensetzen, können wir doch eines seiner Massen-Verhältnisse mit annähernder Genauigkeit bestimmen; und dieses ist seine mittlere Dichtigkeit.

Man versteht bekanntlich unter der Dichtigkeit eines Körpers überhaupt das Verhältniss seiner Masse zu seinem Volumen, und man drückt solche daher durch den Quotienten aus, welchen man erhält, wenn man die Masse m durch das Volumen v dividirt. Der Ausdruck für die Dichtigkeit d ist demnach

$$d = \frac{m}{v}$$

wobei das absolute Gewicht des Körpers als der Werth seiner Masse gilt. Um nun die Dichtigkeiten verschiedener Körper auf eine einfache, bestimmte und übersichtliche Weise mit einander vergleichen zu können, legt man die Dichtigkeit irgend eines Körpers als Einheit zu Grunde, und drückt die Dichtigkeit eines jeden andern Körpers als ein Multiplum oder Submultiplum dieser Einheit aus. Für tropfbarflüssige und feste Körper wird gewöhnlich die Dichtigkeit des reinen Wassers bei einer Temperatur von 4° C. als Einheit angenommen; und so wird z. B. die Dichtigkeit des Goldes = 19,33, die des Silbers = 10,56, die des Lindenholzes = 0,6.

Diese, als Multipla oder Submultipla des als Einheit zu Grunde gelegten Wassers ausgedrückten Dichtigkeiten nennt man auch die speci-

fischen Gewichte der Körper, und insofern sind also Dichtigkeit und specifisches Gewicht identische Begriffe.

Wenn nun die Materie eines Körpers homogen, d. h. in seiner ganzen Ausdehnung völlig einerlei oder gleichartig ist, so besitzt er auch in allen seinen Theilen dieselbe Dichtigkeit, und die Frage nach einer mittleren Dichtigkeit hat für ihn gar keine Bedeutung. Wenn dagegen ein Körper aus mehren sehr verschiedenen Materialien zusammengesetzt oder gemengt ist, so kann man zuvörderst nach den Dichtigkeiten seiner verschiedenen Gemengtheile, dann aber auch nach seiner mittleren Dichtigkeit fragen.

Die mittlere Dichtigkeit eines gemengten Körpers ist nämlich diejenige Dichtigkeit, welche er durchgängig besitzen würde, dafern seine Gemengtheile im Zustande gegenseitiger Durchdringung dergestalt ausgebildet wären, dass ein jeder den ganzen Raum des Körpers erfüllte; oder anders ausgedrückt: diejenige Dichtigkeit, welche man erhält, wenn man die Summe aller Producte aus den Dichtigkeiten seiner einzelnen Gemengtheile in die Volume derselben durch das Volum des ganzen Körpers dividirt*). Hieraus folgt aber, dass die mittlere Dichtigkeit eines gemengten Körpers gleichfalls durch die Formel $d = \frac{m}{v}$ bestimmt wird, wenn m die Totalmasse und v das Gesammt-Volum desselben bedeutet.

Unser Planet ist aber ein äusserst vielfach zusammengesetzter Körper, dessen mittlere Dichtigkeit sonach gefunden werden könnte, sobald uns m und v bekannt sind. Nun kennen wir zwar v oder sein Volum, welches aus denen in §. 9 mitgetheilten Dimensionen des Ellipsoides leicht zu berechnen ist. Allein wie sollen wir zur Kenntniss seiner

*) Natürlich wird hierbei von Porositäten und Cavitäten abstrahirt. Sind also φ, φ', φ'' u. s. w. die Volume der einzelnen Gemengtheile; δ, δ', δ'' u. s. w. die Dichtigkeiten derselben, so wird die mittlere Dichtigkeit:

$$d = \frac{\varphi\delta + \varphi'\delta' + \varphi''\delta'' + \ldots\ldots}{\varphi + \varphi' + \varphi'' + \ldots\ldots}$$

Nun ist aber $\varphi\delta + \varphi'\delta' + \varphi''\delta'' + \ldots\ldots = m$
und $\varphi + \varphi' + \varphi'' + \ldots\ldots = v$
wenn m die Masse, und v das Volumen des ganzen Körpers bedeutet; also folgt $d = \frac{m}{v}$, wie oben. Es ist unbegreiflich, wie sich so lange eine falsche Formel für die Dichtigkeit der Gemenge erhalten konnte. Die vorstehende Formel, welche ich schon vor längerer Zeit an der Freiberger Bergakademie bei der Lehre von der Dichtigkeit der Erde zu Grund gelegt habe, stimmt auch völlig mit der Berichtigung überein, welche A. Z. für zweifache Gemenge in Poggendorffs Annalen, Bd. 71, 1847, S. 127 gegeben hat.

Masse m gelangen? Unmittelbar ist diess freilich nicht möglich; wohl aber mittelbar, indem wir die Wirkung seiner Masse mit der Wirkung einer anderen bekannten Masse vergleichen.

Die Erde übt nämlich auf jeden materiellen Punct eine Anziehung aus; dasselbe ist aber auch der Fall mit jedem andern Körper. Diese Anziehungen, welche irgend ein materieller Punct P einerseits von der Erde, anderseits von einem zweiten Körper erleidet, verhalten sich (nach den bekannten Gesetzen der Gravitation) direct wie die Massen und umgekehrt wie die Quadrate der Entfernungen des Punctes P von den Schwerpuncten der Erde und des Körpers. Bezeichnen wir also jene Massen mit M und m, diese Entfernungen mit R und r, und die Wirkungen der Anziehung mit E und e, so ist

$$E : e = \frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2}$$

Man braucht daher z. B. nur einen und denselben Körper gleichzeitig der anziehenden Wirkung der Erde und der anziehenden Wirkung eines andern Körpers von bedeutender Masse auszusetzen, und das Experiment so einzurichten, dass diese Einwirkungen abgesondert gemessen oder berechnet werden können, um die Masse oder die mittlere Dichtigkeit der Erde zu bestimmen. Dergleichen Experimente sind nun bereits nach drei verschiedenen Methoden zur Ausführung gebracht worden, erfordern aber jedenfalls eine ganz ausserordentliche Genauigkeit, weil dabei eine sehr kleine Grösse mit sehr bedeutenden Grössen verglichen werden muss. Es beruht nämlich die erste Methode auf der Ablenkung des Bleilothes durch die Masse eines nahe liegenden Berges, die zweite Methode auf der Beschleunigung der Pendelschwingungen am Gipfel eines hohen Berges, und die dritte Methode auf den Schwingungen eines horizontalen, daher der Schwerkraft entzogenen, und durch die Anziehung grosser Metallkugeln in Bewegung gesetzten Pendels.

§. 14. *Methode durch die Ablenkung des Bleilothes.*

Wenn man am Fusse eines hoch und steil aufsteigenden Berges ein Bleiloth aufhängt, so kann der Faden desselben nicht mehr genau vertical ausgespannt sein, weil die Anziehung des Berges, welche sich zugleich mit der Anziehung der Erde geltend macht, eine Abweichung von der wahren Verticale bewirken muss. Diese Abweichung wird nun freilich sehr klein sein, da die Masse auch des grössten Berges im Vergleich zu der Masse der Erde jedenfalls eine sehr geringe Grösse ist; indessen wird diess einigermaassen dadurch ausgeglichen, dass der Schwerpunct

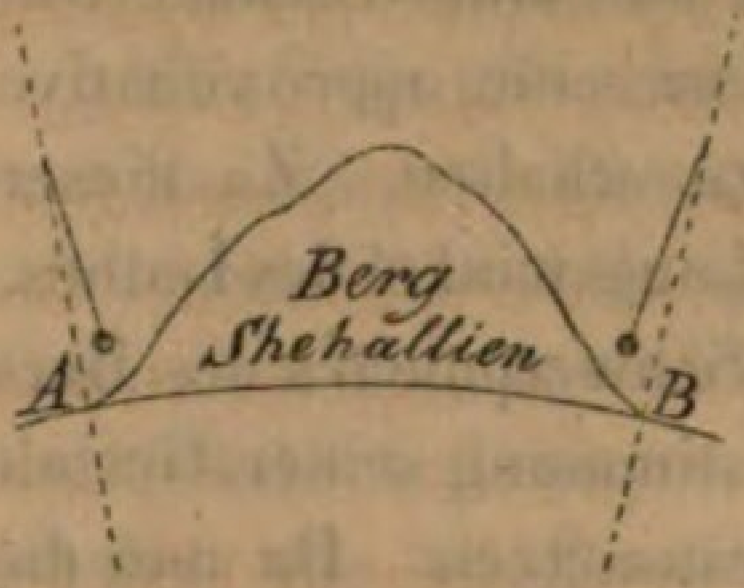
des Berges dem Bleilothe weit näher liegt, als der Mittelpunct der Erde. Es kann daher der Ablenkungswinkel des Bleilothes eine messbare Grösse erreichen, und durch zweckmässige Operationen mit hinreichender Genauigkeit gemessen werden, um auf diese Weise eine approximative Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde zu erhalten. Zu dieser Bestimmung werden aber noch, ausser dem Ablenkungswinkel des Lothes, die Kenntniss des Volumens, der Masse und des Schwerpunctes des Berges erfordert, welche wiederum eine genaue Bestimmung seiner Gestalt und Grösse, und seiner mittleren Dichtigkeit voraussetzen. Da nun die letztere bei solchen Bergen, welche nur aus einer Gesteinsart bestehen, weit leichter und schärfer bestimmt werden kann, als bei Bergen, die von verschiedenen Gesteinsarten gebildet werden, so würden sich eigentlich Berge von einerlei Gestein zu solchen Untersuchungen am meisten empfehlen. Desungeachtet ist der einzige mit grosser Genauigkeit durchgeführte Versuch dieser Art an einem Berge von ziemlich manchfaltiger Zusammensetzung angestellt worden.

Diesen Versuch brachten Maskelyne und Hutton in den Jahren 1774 bis 1776 am Berge Shehallien in Pertshire zur Ausführung, welcher über seine Umgebungen bedeutend aufragt, eine von Ost nach West langgestreckte Form besitzt, und aus Gesteinen besteht, die wenigstens keine Höhlungen oder andere Unregelmässigkeiten der Structur befürchten liessen. Allein, wie zweckmässig der Shehallien in Bezug auf Lage, Form und Stetigkeit der Raumerfüllung erscheinen muss, so wenig konnte ihn seine petrographische Zusammensetzung empfehlen, da er aus viererlei verschiedenen Gesteinen, aus Quarzit, Glimmerschiefer, Hornblendschiefer und Kalkstein besteht, deren gegenseitige Verhältnisse nach Menge und Vertheilung sich um so schwieriger bestimmen lassen, als ihre Schichten unter verschiedenen Winkeln aufgerichtet sind. Daher ist denn auch die mittlere Dichtigkeit des Berges als ein ziemlich unsicheres Element, und die daraus abgeleitete Bestimmung der Erdmasse, ungeachtet der sehr genauen geodätischen und astronomischen Grundlagen, nur als eine ungefähre und approximative Bestimmung zu betrachten *).

Der Gang der Operationen war aber folgender. Zuerst wurden die Grösse und Gestalt des Shehallien durch eine sorgfältige trigonometrische

*) Vergl. *Macculloch, system of Geology, vol. I, p. 20;* Hutton machte den Vorschlag, ähnliche Versuche am Fusse einer der Aegyptischen Pyramiden anzustellen.

Aufnahme ausgemittelt. Dann wählte man zwei Stationen A und B, die eine am nördlichen, die andere am südlichen Fusse des Berges, und be-



stimmte durch geodätische Messung die Länge der Linie AB, aus welcher (so wie aus den bekannten Dimensionen der Erde) die Amplitude des zwischen beiden Stationen enthaltenen Meridianbogens berechnet werden konnte, daher wir diese Amplitude die berechnete nennen und mit β bezeichnen wollen. Hierauf bestimmte man die Amplitude desselben Bogens astronomisch durch wiederholte Beobachtungen der Zenithdistanzen von 43 Sternen an beiden Stationen. Die so gemessene Amplitude α musste nun aber nothwendig fehlerhaft werden, weil die Anziehungskraft des Berges das Bleiloth des Instrumentes an beiden Stationen aus der Richtung der Verticale nach dem Berge hin ablenkte, wodurch die Zenithdistanzen an der einen Station zu gross, an der anderen zu klein ausfielen. Die gemessene Amplitude α, oder der Winkel beider Bleilothe, war offenbar grösser, als die berechnete Amplitude β, oder der Winkel beider Verticalen, und eine leichte Betrachtung lehrt, dass der Unterschied beider, oder dass $\alpha-\beta$ der Summe der beiden Ablenkungswinkel gleich sein muss. Maskelyne fand nun diese Summe $=$ 11,66 Secunden, und berechnete daraus das Verhältniss der Anziehungen der Erde und des Berges zu $^9/_5$; multiplicirt man diess Verhältniss mit der Dichtigkeit oder dem specifischen Gewichte des Berges, so giebt diess die mittlere Dichtigkeit der Erde, welche sich nach Schmidt, unter Zugrundlegung der drei hauptsächlichsten Gesteine des Berges, Glimmerschiefer, Kalkstein und Quarzit, zu 4,713 bestimmt*).

§. 15. *Methode durch Pendelschwingungen auf hohen Bergen.*

Ein und dasselbe Pendel muss in grossen Höhen über der Erdoberfläche langsamer schwingen, als an der Erdoberfläche selbst. Denn die Schwerkraft ist es ja, welche die Schwingungen des Pendels hervorbringt; die Intensität derselben verhält sich aber umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkte; erheben wir uns also z. B. mit einem Luftballon von irgend einem Punkte der Erdoberfläche in der Verticale aufwärts, so wird die so erreichte höhere Station vom Mittelpunkte

*) Schmidt, Lehrbuch der math. und phys. Geographie, II, S. 479.

der Erde weiter entfernt sein, als der Standpunkt an der Oberfläche; die Schwerkraft wird folglich dort mit geringerer Intensität wirken als hier, und das Pendel wird innerhalb derselben Zeit eine kleinere Anzahl von Schwingungen absolviren.

Man kann nun sehr genau berechnen, um wie viel der Gang eines Pendels in einer gegebenen Höhe verzögert, oder um welche Zahl die an der untern Station innerhalb einer gewissen Zeit absolvirte Anzahl von Schwingungen vermindert werden muss.

Ist aber die höhere Station kein freier und isolirter Standpunkt, sondern der Gipfel eines Berges, so wird die Erscheinung einer wesentlichen Modification unterliegen, weil dann zwischen der untern und obern Station die Masse des Berges eingeschoben ist. Diese Masse wird nämlich zugleich mit der Masse der Erde auf das Pendel einwirken, den Gang desselben etwas beschleunigen und folglich die Anzahl der Schwingungen wieder vergrössern. Die auf einem hohen Berge beobachtete Zahl der Schwingungen muss daher allemal grösser ausfallen, als es der Fall sein würde, wenn der obere Standpunkt kein Berggipfel, sondern ein freier Punkt in der Atmosphäre wäre, und der Ueberschuss wird auf Rechnung der Masse des Berges zu setzen sein. Kennt man nun die Gestalt und Grösse des Berges und die mittlere Dichtigkeit seines Gesteines, so wird man daraus und aus dem Unterschiede zwischen der beobachteten und der berechneten Anzahl von Schwingungen die mittlere Dichtigkeit der Erde bestimmen können.

Auf diese Weise fand Carlini im Jahre 1824, durch Pendelschwingungen auf dem Mont Cenis, die Dichtigkeit der Erde = 4,39, welcher Werth jedoch von Schmidt, durch Berichtigung eines von Carlini begangenen Rechnungsfehlers, auf 4,837 erhöht worden ist*).

§. 16. *Methode durch die Drehwaage.*

Die dritte und jedenfalls die genaueste Methode zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde beruht auf der Vergleichung der Schwingungen eines, durch die Schwerkraft bewegten Pendels mit den Schwingungen eines horizontal schwingenden und, durch die Anziehungskraft grosser Metallkugeln in Bewegung gesetzten Pendels. Ein solches Pendel hat wesentlich die Einrichtung der von Coulomb oder Mitchell erfundnen Drehwaage, und besteht aus einem Stabe, welcher an jedem Ende

*) Schmidt, Lehrbuch der math. u. phys. Geographie, II, 481.

eine kleine Bleikugel trägt, und in seiner Mitte an einem feinen Drahte horizontal aufgehängt ist. Auf dieses, der Einwirkung der Schwere entzogene Pendel lässt man nun grosse Metallkugeln einwirken, welche durch ihre Masse das Pendel in sehr langsame horizontale Schwingungen versetzen. Aus der Zeit dieser Schwingungen, aus der Länge des Armes der Drehwaage und aus der bekannten Masse der Kugeln einerseits, sowie aus der Schwingungszeit und der Länge eines durch die Schwerkraft der Erde schwingenden Pendels anderseits, lässt sich dann die Masse, oder mittlere Dichtigkeit der Erde berechnen.

Die ersten Versuche dieser Art stellte Cavendish in den Jahren 1797 und 1798 an; die aus ihnen abgeleitete Dichtigkeit ergab sich zu 5,48 oder nach der Berechnung von Schmidt, zu 5,52*).

Im Jahre 1837 hat Reich in Freiberg mittels eines ganz ähnlichen, jedoch auf mancherlei Weise verbesserten und unter sehr günstigen Umständen aufgestellten Apparates eine grosse Reihe von Versuchen angestellt, bei welchen alle Fehlerquellen berücksichtigt, und durch angemessene Correctionen möglichst beseitigt oder doch vermindert wurden. Als Resultat dieser vortrefflichen Arbeit ergab sich die mittlere Dichtigkeit der Erde = 5,44**).

Noch neuer sind die Versuche, welche Francis Baily unter wesentlichen Abänderungen und Verbesserungen angestellt und durch mehr als 2000 Beobachtungen hindurch geführt hat; sie führen auf das Mittelresultat 5,67.

Nehmen wir also das arithmetische Mittel aus denen von Cavendish, Reich und Baily gefundenen Zahlen, so können wir die mittlere Dichtigkeit der Erde zu 5,5 bestimmen, und diesen Werth als das wahrscheinlichste Ergebniss aller bisherigen Versuche betrachten.

Anm. Poggendorff bezweifelt, dass überhaupt die mittlere Dichtigkeit der Erde genau bestimmt werden könne. So wenig die allgemeine Gestalt derselben bestimmbar sei, wenn solche kein Sphäroid ist, so wenig werde es ihre mittlere Dichtigkeit sein, wenn die Erde nicht gleichförmig dicht ist. Die Voraussetzung einer gleichförmigen Dichtigkeit liege eigentlich den Pendelversuchen wie den Versuchen mit der Drehwaage zu Grunde, und da diese Voraussetzung unrichtig ist, so könnten auch alle diese Versuche nur ungewisse Annäherungen zur Wahrheit liefern. Wenn auch dieses Bedenken einerseits gegründet ist, so dürfte doch anderseits nicht in Abrede zu stellen sein, dass sich die mittlere Dichtigkeit mit demselben Grade

*) Lehrbuch der math. und phys. Geographie, II, 487.

**) Reich, Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde, 1838, S. 66.

der Genauigkeit bestimmen lassen werde, wie z. B. die mittleren Dimensionen des idealen Sphäroides. Auch spricht wohl die nahe Uebereinstimmung der bereits gefundenen Resultate dafür, das die aus ihnen abgeleitete Mittelzahl der Wahrheit ziemlich nahe kommen dürfte. Dieses approximative Resultat ist aber schon hinreichend zur Begründung mancher sehr wichtigen Folgerungen über die innere Beschaffenheit unseres Planeten.

§. 17. *Folgerungen.*

Wenn wir die, mittels der Drehwaage angestellten Versuche als die zuverlässigsten zu Grunde legen, so erhalten wir 5,5 als die mittlere Dichtigkeit unseres Planeten. Sie übertrifft also die des Eisenkieses oder Magneteisenerzes, und eine Wasserkugel von demselben Gewichte würde, bei durchaus gleichmässiger Dichtigkeit, einen fasst $^7/_9$ mal grösseren Durchmesser haben als die Erdkugel.

Vergleichen wir nun aber diese mittlere Dichtigkeit des Erdganzen mit der mittleren Dichtigkeit der uns bekannten äusseren Erdkruste, so gelangen wir auf die Folgerung, dass das Innere der Erde aus weit dichtern Materialien bestehen müsse, als es diejenigen sind, welche vorwaltend die äussere Kruste und Hülle derselben bilden.

Berücksichtigen wir nämlich den Flächeninhalt und die mittlere Tiefe des Meeres, dessen Dichtigkeit jene des reinen Wassers nur wenig übertrifft; berücksichtigen wir ferner, aus welchen Gesteinen die Massen des Festlandes und des Meeresgrundes vorherrschend zusammengesetzt sind, so können wir der uns bekannten Erdkruste kaum eine grössere mittlere Dichtigkeit als 2,5 zuschreiben. Die peripherische Masse unsers Planeten ist also noch nicht einmal halb so dicht, als die Totalmasse desselben, und es müssen daher die in seinem Innern abgelagerten mehr centralen Massen eine grössere Dichtigkeit besitzen, als 5,5.

Wollten wir z. B. die sehr unwahrscheinliche Voraussetzung einführen, dass die Dichtigkeit von der Oberfläche bis zu dem Mittelpunkte nach einer arithmetischen Progression zunehme, so würden wir für die centralen Massen schon die Dichtigkeit 8,5 erhalten, welche die des reinen Eisens bedeutend übertrifft, und der des Kobaltmetalls fast genau gleich kommt. Indessen berechtigt uns Nichts zur Annahme einer arithmetischen Progression, und wenn wir statt ihrer eine geometrische Progression oder irgend ein anderes Gesetz zu Grunde legen, so können wir leicht eine weit grössere Dichtigkeit der centralen Theile herausrechnen.

Man hat auch zuweilen Berechnungen über die Dichtigkeit angestellt, welche verschiedene der uns bekannten gasigen, flüssigen oder festen Körper in einer gewissen Tiefe der Erde annehmen würden, dafern wir uns eine von der Oberfläche bis zu dieser Tiefe hinabreichende Säule aus ihnen selbst gebildet denken, deren Gewicht sonach die Zusammendrückung hervorbrächte. So findet man z. B. dass die atmosphärische Luft in 7,6 Meilen Tiefe so dicht wie das Wasser, in 11 Meilen Tiefe so dicht wie das Platin sein würde. Allein derartige Berechnungen gewähren durchaus keine brauchbaren Unterlagen für die Beurtheilung der nach der Tiefe zunehmenden Dichtigkeit, selbst wenn uns die besondere Natur der das Erdinnere constituirenden Körper bekannt wäre.

Diese Rechnungen beruhen nämlich auf der unbegründeten Voraussetzung, dass die Zusammendrückung der Körper bis zu jedem denkbaren Grade gesteigert werden könne, ohne jemals eine Gränze zu erreichen, jenseits welcher eine wesentliche Aenderung der Compressibilität eintreten kann. Sie vernachlässigen ferner den sehr wesentlichen Umstand, dass auf jeden innerhalb des Erdkörpers befindlichen materiellen Punct eine Anziehung nur von derjenigen Masse der Erde ausgeübt wird, welche innerhalb einer, durch solchen Punct gedachten Kugelfläche enthalten ist, wogegen die ausserhalb dieser Kugelfläche befindliche Masse ohne alle Wirkung ist. Da nun die Schwere oder das Gewicht eines Körpers durch die Summe der auf ihn wirkenden Anziehungen bestimmt wird, so wird auch das Gewicht eines und desselben Körpers im Innern der Erde kleiner sein müssen, als an der Oberfläche derselben. Obgleich nun diese Folgerung, streng genommen, nur unter Voraussetzung einer durchgängig gleichmässigen Dichtigkeit gilt, und daher für die Erde selbst einer wesentlichen Modification unterliegt, so ist sie doch keinesweges gänzlich ausser Acht zu lassen. Endlich ist es sehr wahrscheinlich, dass im Innern unsers Planeten eine ausserordentlich hohe Temperatur herrscht, welche auf alle daselbst befindlichen Körper ausdehnend einwirkt, und folglich einen Theil der Compression aufhebt, welche sie durch die über ihnen liegenden Massen erleiden. Aus diesem Allen folgt, dass uns die vorher erwähnten Berechnungen über die Verdichtung gasiger, flüssiger und fester Körper nach der Tiefe zu, durchaus kein Anhalten für die Beurtheilung der Dichtigkeitszustände des Erdinnern gewähren.

Einstweilen bleibt uns daher nichts Anderes übrig, als uns an das Resultat zu halten, welches La Place aus seinen Untersuchungen über das Gesetz der Schwere-Abnahme vom Pole nach dem Aequator abgeleitet hat, dass nämlich unser Planet nach Innen höchst wahrscheinlich aus ellipsoidisch gestalteten, regelmässig auf einander folgenden und an Dichtigkeit allmälig zunehmenden Schichten oder Lagen bestehe; ein Resultat, welches sich eben so wohl mit der Annahme eines noch flüssigen Zustandes des Erdinnern verträgt, als mit der Ansicht, dass bereits Alles in den Zustand der Starrheit übergegangen sei. Denn die Mehrzahl der

jetzigen Geologen ist der Ansicht zugethan, dass sich das Innere der Erde in feurig-flüssigem Zustande befindet, welcher als der ursprüngliche Zustand des ganzen Planeten vorausgesetzt wird, aber gegenwärtig und schon lange nur noch im Innern desselben erhalten ist.

Drittes Capitel.

Temperatur des Erdinnern; Geothermik.

§. 18. *Beständigkeit der Temperatur in geringer Tiefe.*

Indem wir uns jetzt zu einem, der Abyssologie entlehnten Capitel wenden, müssen wir folgende Bemerkung vorausschicken. Das Innere unseres Planeten ist für unsere unmittelbare Wahrnehmung so unerreichbar, dass man es auf den ersten Blick für ein verwegenes und fruchtloses Beginnen halten möchte, irgend etwas Bestimmtes über seine Beschaffenheit ausmitteln zu wollen. Indessen sind die uns ewig verschlossenen Abgründe der Tiefe gewissermaassen denen uns gleichfalls unerreichbaren Fernen des Himmelsraumes zu vergleichen; und, wie wir über diese letzteren wesentlich durch das Licht belehrt werden, so gewinnen wir über das Erdinnere den wichtigsten Aufschluss durch die Wärme. Der Astronom befragt den aus unendlicher Ferne kommenden Lichtstrahl, der Geolog den, wie der Bergmann sagt, aus ewiger Teufe hervordringenden Wärmestrahl. Daher haben wir uns denn auch zunächst mit den Temperatur-Verhältnissen der Erde zu beschäftigen, weil uns diese den eigentlichen Schlüssel darbieten, durch welchen wir auch über manche andere Eigenschaften des Erdinnern einigen Aufschluss erhalten können.

Um aber einen Anfangspunkt für unsere Betrachtung zu gewinnen, müssen wir zuvörderst einen Blick auf die Temperatur-Verhältnisse der Erdoberfläche werfen.

Die Erdoberfläche ist den Einwirkungen der Sonnenstrahlen ausgesetzt, welche eine grössere oder geringere Erwärmung derselben zur Folge haben; allein diese Einwirkungen finden für einen und denselben Punkt weder stetig noch gleichmässig, sondern periodisch und ungleichmässig Statt. Ein jeder Punkt der Erdoberfläche zeigt daher in seinem Temperatur-Zustande fortwährende Schwankungen oder Variationen, welche sich innerhalb gewisser Zeiträume auf ähnliche Weise wieder-

holen, und überhaupt auf zwei Perioden, auf die Periode der täglichen und die Periode der jährlichen Variationen zurückführen lassen.

Die tägliche Periode begreift innerhalb der Zeit von 24 Stunden einen Cyclus von Temperatur-Variationen, in welchem das Minimum der Nacht-Temperatur allmälig bis zu dem Maximo der Tages-Temperatur gesteigert wird, welches letztere wieder eben so allmälig auf das erstere zurücksinkt. Eben so begreift die jährliche Periode innerhalb der Zeit von 365 Tagen einen Cyclus von Temperatur-Variationen, in welchem die Winterkälte allmälig bis zur Sommerhitze gesteigert wird, worauf denn die letztere wiederum auf die erstere herabsinkt. Die Temperatur-Variationen beider Perioden werden aber offenbar durch die Einwirkung der Sonne bestimmt, da sie von der scheinbaren täglichen und jährlichen Bewegung derselben abhängig sind.

Allein diese täglichen und jährlichen Schwankungen der Temperatur, welche für die meisten Punkte der Erdoberfläche in mehr oder weniger hohem Grade auffallend zu sein pflegen, vermindern sich immer mehr, je tiefer man in die Erde hinabsteigt; die Extreme der Temperatur rücken sich immer näher, die Unterschiede gleichen sich immer mehr aus, und verschwinden endlich gänzlich. In den Gegenden der gemässigten Zone verschwinden die täglichen Schwankungen bei 3 bis 5, und die jährlichen Schwankungen bei 60 bis 80 Fuss Tiefe; d. h. die an der Oberfläche im Laufe eines Tages oder eines Jahres Statt findenden Verschiedenheiten der Temperatur sind dort gar nicht mehr zu bemerken.

Diese Tiefe, in welcher sich die Schwankungen der Temperatur gar nicht mehr bemerkbar machen, ist übrigens an verschiedenen Orten etwas verschieden; sie hängt nämlich wesentlich ab von dem Umfange dieser Schwankungen (also von geographischer Breite und Klima) und von dem Wärmeleitungsvermögen der Gesteinsmassen. Je geringer die Variationen der jährlichen Temperatur sind, je näher sich die extremen Temperaturen von Winter und Sommer liegen, und je geringer das Leitungsvermögen der oberflächlichen Gesteinsmassen ist, desto näher wird die Gränze der Temperaturwechsel unter die Oberfläche heraufrücken. Daher liegt sie in den Aequatorial-Gegenden, wo die Extreme der jährlichen Temperaturen sehr wenig von einander abweichen, weit höher, als in den Gegenden der gemässigten Zonen, wo diese Extreme zum Theil sehr stark differiren. Ja, Boussingault glaubte sie dort schon in 1 Fuss Tiefe annehmen zu können, was jedoch nach den von Caldecott und Newbold in Ostindien angestellten Beobachtungen nicht allgemein giltig sein dürfte*). Aus demselben Grunde muss die Gränze der

*) *Boussingault* in *Ann. de chim. et de phys. vol.* 53, 1833, *p.* 244, und *d'Archiac hist. des progrès de la géol. p.* 87, auch Centralasien I, 389.

Temperaturwechsel in solchen Gegenden, welche ein continentales Klima mit sehr excessiven Temperaturen haben, tiefer liegen, als in andern Gegenden, welche ein Küstenklima mit geringeren Temperaturwechseln haben.

Indem wir uns also von der Oberfläche, wo die jährlichen Temperaturwechsel im höchsten Grade Statt finden, vertical abwärts bis zu 60 oder 80 F. Tiefe begeben, erreichen wir diejenige Tiefenschicht, in welcher alle Variationen der Temperatur aufhören, und folglich das ganze Jahr hindurch eine und dieselbe constante Temperatur herrscht.

Eine sehr wichtige sich hierbei aufdrängende Frage ist nun offenbar: wie gross denn diese constante Temperatur der Tiefe für einen jeden Beobachtungsort sei. Die Antwort darauf lautet, dass sie im Allgemeinen eben so gross ist, als die Mitteltemperatur des Beobachtungsortes*). Da nun diese Mitteltemperatur wesentlich durch die Einwirkung der Sonne bestimmt wird, so muss auch die constante Temperatur der Tiefe durch die solare Erwärmung bedingt, und folglich an verschiedenen Orten, nach Maassgabe ihrer geographischen Breite, ihrer absoluten Höhe und anderer klimatischen Bedingungen, verschieden befunden werden. Allein das Wesentliche, worauf es uns besonders ankommt, ist überhaupt die Existenz einer solchen Gränze aller Temperaturwechsel, oder einer Tiefe, in welcher Jahr ein Jahr aus eine constante, der Mitteltemperatur der Oberfläche entsprechende Temperatur herrscht; und diese Existenz ist durch zahlreiche Beobachtungen ausser allen Zweifel gestellt worden.

§. 19. *Nachweis eines Wärmeschatzes im Erdinnern.*

Indem es zweckmässig erscheint, alle diejenigen thermischen Verhältnisse der Erde, welche über der Gränze der constanten Temperatur Statt finden, in die Klimatologie zu verweisen, so richten wir jetzt unsere Aufmerksamkeit lediglich auf diejenigen Wärme-Erscheinungen, welche sich unter jener Gränze nachweisen lassen.

Es entsteht uns also die Frage: welche Temperatur-Verhältnisse

*) Obgleich gewöhnlich kleine Differenzen zwischen der mittleren Temperatur der Luft und des Bodens vorkommen, so können wir doch hier von ihnen absehen. Ueber die Bedeutung dieser Differenzen hat sich G. Bischof dahin ausgesprochen, dass sie wohl nicht die ihnen früher zu Theil gewordene Berücksichtigung verdienen, und dass der von Kupffer eingeführte Begriff der Isogeothermen wohl füglich aufzugeben sein dürfte; eine Ansicht, welche wohl nicht allgemein adoptirt worden ist.

finden unterhalb der Gränze der Temperaturwechsel, oder unterhalb derjenigen Tiefe Statt, wo eine constante Temperatur erreicht worden ist? — Die Antwort auf diese Frage lässt sich in folgendem Satze aussprechen:

In jeder grösseren Tiefe herrscht eine constante Temperatur, welche jedoch mit der Tiefe zunimmt, und sich also um so höher erweist, je grösser die Tiefe ist.

Dieser Satz, welcher zumal in seiner zweiten Hälfte eine ganz ausserordentliche Wichtigkeit erlangt, wird durch so vielfältige Beobachtungen und Thatsachen erwiesen, dass er wohl gegenwärtig als ein unumstössliches geologisches Theorem angesehen werden darf. Je grösseren Einfluss er aber auf die ganze Wissenschaft ausgeübt hat, um so nothwendiger wird es, die Beweise kennen zu lernen, welche zu seiner Begründung angeführt werden können. Diese Beweise beruhen zunächst auf der Temperatur der meisten Quellen, und auf denen in Artesischen Brunnen und in Bergwerken angestellten Beobachtungen.

Die erste Hinweisung auf das Dasein eines unerschöpflichen Wärmeschatzes in den Tiefen der Erde finden wir schon in der bekannten Thatsache, dass das Wasser sehr vieler Quellen, ohne gerade auffallend warm zu sein, dennoch eine höhere Temperatur hat, als die Mitteltemperatur an ihrem Ausflusspunkte ist. Wenn man berechtigt ist, sagt Bischof*), jede Quelle, deren Temperatur die Temperatur ihres Austrittspunktes auch nur um einen Grad übertrifft, für eine warme Quelle oder Therme zu halten, so findet man bald, dass warme Quellen ganz allgemein verbreitet sind.

So fand Bischof, dass ungefähr 20 Mineralquellen in der Umgebung des Laacher Sees die Mitteltemperatur ihres Ausflusspunctes wenigstens um 1° C. übertreffen. Wille bestimmte die Temperatur von 30 Gruppen von Mineralquellen zwischen dem Taunus und Vogelsgebirge, und fand, dass sie mit wenig Ausnahmen zu den Thermen gehören. Unter 60 Quellen zu Paderborn haben 50 eine höhere Temperatur als 10° C., und die Temperatur der Soolquellen Westphalens zwischen Weser und Rhein fällt nach Rollmann zwischen 11° und 17,5° C. Dasselbe gilt von den Soolquellen zwischen Weser und Elbe; und zahllose andere Quellen in Teutschland, Frankreich, Spanien, und überhaupt in den gemässigten und kalten Zonen zeigen eine die Mitteltemperatur ihres Ausflusspunctes mehr oder weniger übersteigende Wärme.

*) Die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, von Gustav Bischof, S. 2 ff., ein allgemein als classisch anerkanntes Werk, und die reichste Fundgrube unseres Wissens im Gebiete der Geothermik.

So lange es sich jedoch nur um einen Temperatur-Ueberschuss von 1 bis 2° handelt, könnte man noch zweifelhaft sein, ob diese Quellen ihre höhere Wärme auch wirklich aus den Tiefen der Erde heraufbringen, weil man es als ein allgemeines Gesetz aufzustellen versucht hat, dass die gewöhnlichen (d. h. nicht auffallend warmen) Quellen in höheren Breiten eine etwas höhere, in niederen Breiten eine etwas niedrigere Temperatur besitzen sollen, als die Mitteltemperatur ihres Ausflusspunktes ist; ein Gesetz, dessen weitere Begründung man in den Temperatur-Verhältnissen derjenigen Meteorwasser zu finden glaubte, welche wesentlich die Speisung und Unterhaltung der Quellen bedingen.

Indessen hat schon G. Bischof gegen die Richtigkeit jenes Gesetzes sehr triftige Zweifel geltend gemacht, welche später durch Carpenter bestätigt worden sind*), weshalb man wohl eher der Ansicht beipflichten möchte, dass eine grosse Anzahl der sogenannten kalten Quellen als schwache Thermen betrachtet werden müssen. Da nun aber dergleichen Quellen an unzähligen Punkten der Erdoberfläche hervorbrechen, so geben sie uns die erste Hinweisung auf das Dasein einer unterirdischen, überall vorhandenen, und von der solaren Einwirkung gänzlich unabhängigen Wärmequelle.

Wenn diese schwachen Thermen durch ihre unermessliche Anzahl und ihre allgemeine Verbreitung geeignet sind, uns die Allgegenwart einer unterirdischen Wärmequelle darzuthun, so liefern dagegen die eigentlich sogenannten warmen und heissen Quellen den Beweis für die Intensität und den Wärmereichthum derselben, indem sie uns über die hohe Steigerung der Temperatur belehren, welche sie stellenweise hervorzubringen vermag. Diese warmen und heissen Qnellen, deren Wärme sich dem Gefühle in auffallendem Grade zu erkennen giebt, und bei einigen bis zur Siedhitze des Wassers steigert, sind freilich nicht so allgemein verbreitet, wie die vorher betrachteten schwachen Thermen; allein sie finden sich doch immer noch häufig genug; sie kommen fast in allen Regionen der Erdoberfläche und unter allen möglichen Ver-

*) Bischof, a. a. O. S. 41 ff. und *Carpenter*, in *The Edinb. new philos. Journal,* 1843, *p.* 53*ff.* Wenn übrigens auch jenes Gesetz noch nicht völlig erwiesen ist, so kann doch keinesweges jeder Einfluss der Temperatur der atmosphärischen Niederschläge auf die Temperatur der Quellen in Zweifel gezogen werden. Diese Temperatur ist übrigens ein so äusserst complicirtes, von so vielen und so verschiedenartigen Ursachen abhängiges Phänomen, dass es wohl noch sehr vieler Untersuchungen bedarf, ehe die Krenothermik auf sichere Grundlagen zurückgeführt sein wird. Jedenfalls aber steht der Satz fest, dass Quellentemperatur und Bodentemperatur nicht identisch sind.

hältnissen vor; es findet von ihnen bis zu den kalten Quellen ein Uebergang Statt, der sich von Grad zu Grad und durch alle möglichen Zwischenstufen verfolgen lässt*). Wir sind daher wohl auch berechtigt, ihre Wärme im Allgemeinen von derselben Ursache abzuleiten; wenn auch nicht zu läugnen ist, dass für sie die Wirksamkeit und Energie dieser Ursache durch locale Bedingungen über das gewöhnliche Maass gesteigert werden müsse.

Nach diesem Allen können wir es daher als erwiesen betrachten, dass der grössere oder geringere Temperatur-Ueberschuss über die Mitteltemperatur ihres Ausflusspunktes, welchen die an unzähligen Punkten der Erdoberfläche (sowohl des Landes als des Meeresgrundes) hervorbrechenden kalten und lauen, warmen und heissen Quellen zeigen, nothwendig auf das Dasein einer in den Erdtiefen überall vorhandenen, unversiegbaren und stellenweise sehr intensiv heraufwirkenden Wärmequelle verweist.

§. 20. *Beobachtungen in Artesischen Brunnen.*

Der vorhergehende §. hat uns zwar im Allgemeinen mit dem Dasein eines unterirdischen Wärmeschatzes bekannt gemacht, aber durchaus keinen Fingerzeig über die etwaigen Gesetze der Wärmezunahme in grösseren Tiefen gegeben. Diess war auch gar nicht zu erwarten, weil wir von den natürlichen Quellen zwar wissen, dass sie dem Schoosse der Erde entspringen, ohne jedoch die Tiefe und die Richtung angeben zu können, aus welcher sie eigentlich zu uns gelangen, und ohne sie in den verschiedenen Tiefen ihres Laufes auf ihre Temperatur untersuchen zu können. Die Verschlossenheit und die grosse Unregelmässigkeit der unterirdischen Canäle, durch welche die Wasser solcher Quellen ihren Lauf nehmen, lässt eine jede derartige Untersuchung geradezu unmöglich erscheinen.

Die künstlichen Brunnen mit senkrechten Schächten würden sich schon eher dazu eignen, wenn sie eine bedeutende Tiefe erreichen und frei von störenden Einflüssen sind; welchen Bedingungen sie aber nur selten entsprechen. Dagegen finden sich beide diese Bedingungen bei den sogenannten Artesischen Brunnen gewöhnlich in einer so vollstän-

*) „Es findet sich gewiss kein Temperaturgrad zwischen 1° C. der kältesten von Wahlenberg in Lappland beobachteten Quelle, und den siedend heissen Quellen Islands, welcher nicht irgend einer Quelle entspräche.“ Bischof a. a. O. S. 39.

digen Weise erfüllt, dass sie uns ein ganz vorzügliches Mittel zur genauern Erforschung der Temperatur-Verhältnisse der tieferen Erdschichten gewähren. Diese Artesischen Brunnen oder Bohrbrunnen sind bekanntlich nichts Anderes, als senkrechte Bohrlöcher, durch welche den in der Tiefe abgesperrten und angespannten Quellen ein Ausgang nach oben eröffnet worden ist. Man kann sie also in der That als künstlich hervorgelockte Quellen betrachten, welche sich von den natürlichen Quellen dadurch unterscheiden, dass ihr Ausflusscanal keine verschlossene und unregelmässig verlaufende Spalte, sondern eine offene und senkrecht aufsteigende Röhre ist. Da die so erbohrten Quellen gewöhnlich sehr wasserreich sind, und unter einem starken hydrostatischen Drucke stehen, welcher sie zum Aufsteigen durch den engen Raum des Bohrloches nöthigt, so brechen sie oft in solcher Fülle und mit solcher Gewalt zu Tage aus, dass sie einen förmlichen Springbrunnen bilden*).

Die bisweilen sehr bedeutende und immer genau bekannte Tiefe, so wie ihre gänzliche Ausfüllung mit Wasser sind es nun, welche die Artesischen Brunnen, besonders einige Zeit nach ihrer Herstellung, nachdem alle Verhältnisse ins Gleichgewicht gekommen, zur Erforschung der Tiefen-Temperatur ganz vorzüglich geeignet machen. Auch gestatten sie schon während ihrer Erbohrung, die Temperatur successiv in sehr verschiedenen Tiefen zu beobachten, so dass sie bereits zu manchen äusserst interessanten Resultaten geführt haben.

Als das erste und wichtigste dieser Resultate ist nun die vollständige und unumstössliche Bestätigung des Satzes hervorzuheben, dass die Temperatur in allen grösseren (unter der Gränze der Temperaturwechsel) erreichten Tiefen constant ist, und mit der Tiefe fortwährend zunimmt. Dieses wichtige Theorem wird durch alle, in den verschiedensten Gegenden der Erde durch die verschiedensten Gesteinsschichten bis zu den verschiedensten Tiefen abgebohrten Brunnen so gleichmässig erwiesen, dass an seiner Wahrheit durchaus gar nicht mehr gezweifelt werden kann. Die folgende Tabelle**) enthält einige der ausgezeichnetsten Beispiele:

*) Unter den vielen Beispielen für die Springkraft der Artesischen Brunnen liefert eines der ausgezeichnetsten der zu Bruck bei Erlangen im Jahre 1834 erbohrte Brunnen; bei 442 F. Tiefe drang das Wasser so gewaltsam hervor, dass es aus einer 4zölligen Aufsatzröhre 38 F. und aus einer 2zölligen Röhre sogar 70 F. hoch sprang; ein Brunnen bei Tours springt 60 F., und der Brunnen von Grenelle 86 F. hoch.

**) Alle Tiefen sind hier und im Folgenden in Pariser Fuss, und alle Temperaturen in Centesimalgraden ausgedrückt.

Bohrbrunnen bei Rüdersdorf, unweit Berlin.		Bohrbrunnen von la Grenelle in Paris.		Bohrbrunnen von Neusalzwerk in Westphalen.	
Tiefe.	Temp.	Tiefe.	Temp.	Tiefe.	Temp.
380 F.	17,12° C.	917 F.	22,2° C.	580 F.	19,7° C.
500 -	17,75	1231 -	23,75	1285 -	27,5
655 -	19,75	1555 -	26,43	1935 -	31,4
880 -	23,50	1684 -	27,70	2144 -	33,6

Mit dem zu Mondorff im Grossherzogthum Luxemburg gebohrten Artesischen Brunnen ist in 2066 P. F. Tiefe sogar die Temperatur von 34° C. erreicht worden.

Ein zweites durch die Artesischen Brunnen erlangtes Resultat ist die ungefähre Bestimmung der **geothermischen Tiefenstufe**, oder derjenigen Tiefe, welche **einem** Grad Temperatur-Zunahme entspricht. Indem man nämlich die mittlere Temperatur der Erdoberfläche (oder auch der Luft) an der Mündung des Bohrloches als den Anfangspunkt, und die Temperatur der erbohrten Tiefe als den Endpunkt einer Temperaturscala betrachtet, deren Länge durch die erbohrte Tiefe bestimmt wird, so wird man, in der Voraussetzung, dass die Temperatur gleichmässig mit der Tiefe, also nach einer arithmetischen Progression zunimmt*), die geothermische Tiefenstufe sehr leicht berechnen können; man braucht nur die ganze Tiefe durch die Differenz der an beiden Endpuncten beobachteten Temperaturgrade zu dividiren. Auf solche Weise fand sich die Grösse dieser Tiefenstufe:

in Rouen	90,8 F.	bei Neusalzwerk	92,27 F.
bei Mondorff	91,1 -	- Grenelle	95,0 -
- Rüdersdorf	92,0 -	- St. André (Eure)	95,3 -

Es sind diess gerade solche Beobachtungen, welche sich durch eine sehr auffallende Uebereinstimmung ihrer Resultate auszeichnen; sehr verschieden von ihnen sind schon folgende Resultate: es bestimmte sich die Tiefenstufe in einem Bohrbrunnen

zu Pitzbuhl bei Burg unweit Magdeburg	bei 457 F. Tiefe,	zu 80 F.
zu la Rochelle	- 379 - -	- 60,6 -
zu Artern in Thüringen . .	- 1000 - -	- 120 -

*) Diese Voraussetzung ist in den uns erreichbaren Tiefen so ziemlich gerechtfertigt, während sie in sehr grossen Tiefen nicht mehr zulässig erscheint; vergl. §. 26.

Wir werden weiter unten sehen, dass andere Beobachtungen auf noch abweichendere Werthe der Tiefenstufe geführt haben, wie denn solche überhaupt in verschiedenen Gegenden mit verschiedenen Grössen hervortritt.

§. 21. *Beobachtungen in Bergwerken.*

Da die Schächte und unterirdischen Baue der Bergwerke bisweilen in sehr bedeutende Tiefen hinabreichen*), so bieten sie uns gleichfalls Gelegenheit zur Bestimmung der Temperatur der Erdtiefen; auch ist gerade diese Beobachtungsmethode zuerst in Anwendung gebracht worden. Nun ist zwar nicht zu läugnen, dass die in solchen unterirdischen Räumen angestellten Beobachtungen mancherlei störenden Einflüssen unterworfen sein können, die ihre Resultate weit weniger zuverlässig erscheinen lassen, als diejenigen, welche die Artesischen Brunnen liefern **). Weil sie jedoch eine genügende allgemeine Uebereinstimmung erkennen lassen, so gewähren sie uns wenigstens eine vollgiltige Bestätigung desjenigen geothermischen Theorems, welchem sie anfangs ausschliesslich zur Grundlage gedient haben.

Die Beobachtungen in Bergwerken sind nach ihrer Ausführung und nach ihrem Werthe sehr verschieden, je nachdem sie sich auf die Temperatur der Grubenluft, der Grubenwasser oder des Gesteines beziehen; die im Gesteine selbst angestellten Beobachtungen verdienen den Vorzug vor allen übrigen, da sie den eigentlichen Gegenstand der Untersuchung unmittelbar und an seiner wahren Stelle erfassen.

Schon in einer verlassenen und gänzlich verschlossenen Grube wird die Luft, aus leicht begreiflichen Gründen, die Temperatur der angränzenden Gesteinsmassen nicht genau besitzen können; wie viel weniger wird diess also in einer, im vollen Betriebe stehenden Grube der Fall sein, wo sich die Anwesenheit vieler Menschen und Lichter, wo sich die Pulver-Explosionen der Sprengarbeit, wo sich starker Wetterzug und mancherlei Wasserzugänge mit einander vereinigen, um eine Modification der ursprünglichen Temperatur-Verhältnisse herbeizuführen.

*) Einige Gruben bei Freiberg erreichen 1700 bis 1800 F. Tiefe und darüber; die Grube Samson bei Andreasberg ist 2062 F. tief; bei Kitzbühl in Tyrol ist man bis zu 2916, und bei Kuttenberg in Böhmen sogar bis zu 3545 F. Tiefe unter der Erdoberfläche eingedrungen.

**) Eine sehr gründliche und umfassende Untersuchung und Würdigung dieser störenden Einflüsse gab Bischof a. a. O. S. 160—198.

Bedenkt man nun, dass sich alle diese Einflüsse nach der oft wechselnden Zahl und Vertheilung der Arbeiter, nach der veränderlichen Grösse und Tiefe der Räume, und nach der gleichfalls veränderlichen Richtung und Stärke des Wetterzuges, mehr oder weniger verschieden zeigen müssen, so begreift man, dass die auf die Temperatur der Gruben l u f t gegründeten Beobachtungen nur mit der grössten Vorsicht zu benutzen sind*).

Die W a s s e r in den Gruben sind theils fliessende, theils stehende; zu den ersteren gehören besonders: erschrotene Quellen, Streckenwasser und Stollenwasser. Die Quellen sind jedenfalls zuverlässiger, als die anderen fliessenden Wasser, da sie unmittelbar aus dem Gesteine hervorbrechen; doch ist man niemals sicher, ob sie nicht, relativ zu ihrem Ausflusspuncte, schon als Thermen zu betrachten und daher mit einer zu hohen Temperatur begabt sind. Die Strecken- und Stollenwasser aber, welche durch das Zusammenrieseln sehr verschiedener Wasserzuflüsse gebildet werden, und, während ihres oft langen Laufes, durch die Verdampfung, durch die Berührung mit der Luft und mit dem Boden ihres Rinnsals, auch wohl durch mancherlei chemische Zersetzungsprocesse innerhalb des darin abgesetzten Schlammes, sehr verschiedenen Temperatur-Aenderungen unterworfen sein können, lassen in der Regel keine zuverlässige Bestimmung der Temperatur erwarten. — Die stehenden Wasser sind theils kleine Pfützen, welche sehr vielen zufälligen und verändernden Einflüssen unterliegen; theils sogenannte Sümpfe und Vorgesümpfe, von welchen im Allgemeinen dasselbe gilt, wie von den Streckenwassern; theils grössere Wassermassen in ersoffenen Bauen. Diese letzteren scheinen allerdings, wenn die Wasser schon l a n g e aufgegangen sind und die ersoffenen Räume keine zu g r o s s e Höhe besitzen, fast allen Bedingungen zu entsprechen, welche eine sichere Beobachtung der Temperatur der entsprechenden Tiefe verbürgen; daher man sie wohl mit ziemlichen Vertrauen benutzen kann.

Die zweckmässigste Beobachtungsmethode ist jedoch diejenige, bei welcher man unmittelbar die Temperatur des G e s t e i n e s selbst zu bestimmen sucht. Doch sind auch bei ihrer Anwendung einige Vorsichtsmaassregeln zu berücksichtigen. Die Thermometer müssen möglichst lang sein, um sie recht tief in das Gestein versenken zu können; die Bohrlöcher, welche zu ihrer Aufnahme bestimmt sind, müssen rechtwinklig

*) Sehr ausführlich sind diese und andere hierher gehörige Verhältnisse von C o r d i e r, in seiner classischen Abhandlung vom Jahre 1823: *Essai sur la temperature de l'intérieur de la terre* discutirt worden; *Annales des mines*, 2. *série*, *t. II*, *p.* 53 *ff*.

in die Gesteinswand geschlagen werden; man muss bei der Auswahl der Stellen, welche als Beobachtungspuncte dienen sollen, sorgfältig darauf Bedacht nehmen, dass sie von allen den störenden Einflüssen, welche durch den Wetterzug und durch die Anwesenheit und Thätigkeit der Arbeiter herbeigeführt werden, möglichst befreit sind. Auch ist es zweckmässig, wenn es anders die Verhältnisse erlauben, die Bohrlöcher in eben erst angehauenen Gesteinswänden anzubringen, und die Beobachtung möglichst bald anzustellen*), um sie möglichst frei von den früher oder später eintretenden Veränderungen zu erhalten, welche sich im Laufe der Zeit durch die Temperatur der Grubenluft bis auf nicht unbedeutende Tiefe geltend machen.

Dieser letztere Umstand, welcher zuerst von Cordier hervorgehoben worden ist, veranlasste ihn zu einem ganz besonderen Verfahren, um die störenden Einflüsse der Grubenluft fast gänzlich zu beseitigen. Es ist nämlich gewiss, dass die Wirkung dieser Einflüsse nur langsam eindringt, und dass z. B. viele Stunden vergehen, bevor eine frisch angehauene Gesteinswand bis auf 1 Fuss tief in ihrer anfänglichen Temperatur merklich verändert wird**). Da nun in Steinkohlenbergwerken die Baue sehr rasch vorwärts schreiten, und in jeder Schicht die Abbaustösse um mehre Fuss weit fortgebracht werden, so liess sich allerdings erwarten, dass die Temperatur dieser Stösse immer sehr nahe die ursprüngliche sein werde. Cordier liess daher auf dreien, in verschiedenen Theilen Frankreichs gelegenen Steinkohlengruben, nämlich zu Decise an der Loire, zu Littry in der Normandie und zu Carmeaux am Tarn, auf lebhaft betriebenen Abbaustrecken in frisch angehauenen Stössen so schnell als möglich Bohrlöcher bis zu 24 Zoll Tiefe schlagen, versenkte darauf seine Thermometer unter gehörigen Vorsichtsmaassregeln und wartete ab, bis sie eine stabile Temperatur angenommen hatten.

§. 22. *Fortsetzung.*

Die zahlreichen, in Bergwerken der verschiedensten Länder ***) angestellten Beobachtungen haben nun zuvörderst alle (mit sehr wenigen,

*) Natürlich mit Beachtung der Vorsicht, dass die durch Druck, Schlag und Reibung während der Bohrarbeit erzeugte Wärme vorher beseitigt worden ist.

**) Reich's Beobachtungen haben z. B. gezeigt, dass ein 40 Zoll tief eingesenktes Thermometer während einer, in 44 Stunden allmälig bewirkten Erhöhung der Lufttemperatur um 0,6°, nur um 0,04 bis 0,06° stieg.

***) Was durch die vielen Beobachtungen in Europa bewiesen wurde, das haben die Beobachtungen von Humboldt in Südamerika und Mexico, von Rogers in Virginien (*Silliman, American Journal, vol.* 43, *p.* 176), von Everest in Ostindien (*Archiac, histoire des progrès de la géol. I, p.* 73) vollkommen bestätigt.

leicht zu erklärenden Ausnahmen) das Ergebniss geliefert, dass die Temperatur in der Tiefe zunimmt, und dass solche an einer und derselben Tiefenstation constant ist, sofern nicht Wetterzug und andere störende Verhältnisse obwalten. Ausserdem aber haben sie auch auf Bestimmungen der Tiefenstufe geführt, welche 1° Temperaturzunahme entspricht; Bestimmungen, welche freilich eine geringere Uebereinstimmung zeigen und überhaupt aus derartigen Beobachtungen nur sehr ungefähr abzuleiten sind, weil sich nach dem vorhergehenden §. in den Bergwerken eine Menge von Umständen vereinigen, um Perturbationen und Anomalien der Wärmevertheilung hervorzubringen.

Gensanne stellte schon 1740 zu Giromagny in den Vogesen Versuche an, welche folgende Resultate gaben:

Tiefe	Temperatur.
339 F.	12,5° C.
634 -	13,1 -
948 -	19,0 -
1333 -	22,7 -

Saussure fand zu Bex im Canton Waadt in einem tiefen Schachte, welcher seit 3 Monaten von Niemand befahren worden war:

Tiefe	Temperatur
322 F.	14,4° C.
564 -	15,6 -
677 -	17,4 -

Unter Berücksichtigung der Mitteltemperatur der Erdoberfläche bestimmt sich aus diesen Beobachtungen die Grösse der Tiefenstufe für Giromagny zu 92,3 und für Bex zu 133 Fuss.

Später wurden ähnliche Beobachtungen von d'Aubuisson, v. Humboldt und v. Trebra in den Bergwerken Freibergs, von Forbes, Fox und Barkam in Cornwall, von Fontanetti im Anzascathale angestellt. Zu den umfassendsten und genauesten Beobachtungen gehören jedoch diejenigen, welche auf Veranlassung der Bergbehörden im Königreiche Sachsen und im Bereiche der Preussischen Monarchie zur Ausführung gebracht worden sind, und als deren hauptsächliche Resultate wir folgende hervorheben. Die Beobachtungen in den Preussischen Bergwerken führten auf die Ergebnisse*):

1) dass durchaus eine Zunahme der Temperatur nach der Tiefe Statt findet;

*) Poggend. Ann., Bd. 22, 1831, S. 497 ff.

2) dass die Temperatur in jeder grösseren Tiefe constant ist, indem die jährlichen Oscillationen höchstens 1° betrugen;

3) dass die Grösse der Tiefenstufe für 1° Temperaturzunahme in verschiedenen Gegenden ausserordentlich verschieden ist, zwischen den Extremen 48 und 355 F. schwankt, und im Mittel 167 F. beträgt;

4) dass in Steinkohlengruben die Temperatur-Zunahme fast doppelt so gross, oder die Tiefenstufe fasst halb so klein ist, als in Erzgruben; und

5) dass alle diese Beobachtungen noch nicht hinreichend sind, um aus ihnen irgend ein Gesetz über die Progression der Wärmezunahme abzuleiten.

Die auf vielen Gruben des sächsischen Erzgebirges, unter der umsichtigen Leitung von Reich, mit sehr guten, 40 Zoll tief in das Gestein eingesenkten Thermometern, unter Berücksichtigung aller möglichen Vorsichtsmaassregeln angestellten Beobachtungen lieferten die Resultate*):

1) dass die Temperatur nach der Tiefe entschieden zunimmt;

2) dass solche in jeder Tiefenstation constant ist, sofern man von den kleinen, durch den Wetterwechsel und die Wasserzuflüsse bedingten Anomalieen abstrahirt;

3) dass die mittlere Grösse der Tiefenstufe für 1° Temperaturzunahme 129 F. beträgt;

4) dass ein allgemeines Gesetz der Wärmezunahme aus diesen Beobachtungen nicht abzuleiten ist;

5) dass das Gestein der unterirdischen Räume im Laufe der Zeiten durch die Grubenluft allmälig etwas abgekühlt wird, und dass überhaupt die erkaltenden Einflüsse die erwärmenden überwiegen**).

Von andern Beobachtungen mögen noch folgende erwähnt werden: es bestimmte die Grösse der Tiefenstufe

*) Reich, Beobachtungen über die Temperatur des Gesteines, Freiberg, 1834.

**) Dieses letztere, für die Abwägung des Werthes der in Bergwerken angestellten Beobachtungen äusserst wichtige Resultat ist auch durch die Beobachtungen in Preussen (Poggend. Ann., Bd. 22, S. 527) und durch jene von Fox und Oats bestätigt worden (*De la Beche*, *Report on the Geology of Cornwall*, *p*. 373 und 374).

Oldham in der Grafschaft Waterford (Irland)		= 165 F.
Phillips in Newcastle, Kohlengebirge		= 100 -
Hodgkinson in Manchester,	desgl.	= 116 -
Houzeau in Belgien,	desgl.	= 102 -
Cordier bei Carmeaux,	desgl.	= 111 -

Die sämmtlichen in diesem §. angeführten Bestimmungen der geothermischen Tiefenstufe schwanken daher zwischen den Extremen von 92,3 und 167 Fuss.

§. 23. *Auffallend kleine Werthe der Tiefenstufe.*

Obgleich sich also alle Beobachtungen für die Thatsache einer Wärmezunahme überhaupt vereinigen, so lassen sie doch die Grösse dieser Zunahme mit sehr abweichenden Werthen hervortreten. Während aber einerseits die grössten Werthe der Tiefenstufe jene, an und für sich höchst bedeutungsvolle Thatsache in einer minder auffallenden Weise zu verbürgen scheinen, so sind auch anderseits so ausserordentlich kleine Werthe derselben nachgewiesen worden, dass jeder Zweifel an ihrer allgemeinen Wahrheit verschwinden muss.

Cordier bestimmte nach der oben (in §. 21) beschriebenen Methode die Grösse der Tiefenstufe

bei Littry = 58,5 F.
bei Decise = 46,2 -

Da es an beiden Orten Steinkohlenbergwerke waren, in denen die Beobachtungen angestellt wurden, so scheint diese sehr schnelle Wärmezunahme das vorhin erwähnte Resultat zu bestätigen, welches später die Preussischen Beobachtungen und eben so Paterson's Beobachtungen in Artesischen Brunnen im Steinkohlengebirge Schottlands geliefert haben, aus welchen letzteren sich die Tiefenstufe zu 81 P. F. bestimmte.

Noch auffallender ist das bei Monte-Massi im Grossherzogthum Toscana erlangte Resultat, über welches Matteucci und Pilla berichtet haben*). Der Schacht ist 1071 F. tief im tertiären Gebirge abgeteuft worden; im Tiefsten zeigte das Gestein die ausserordentlich hohe Tem-

*) *Comptes rendus vol. XVI*, 1843, *p.* 937 und 1319. Die Formation ist offenbar tertiär und gleich alt mit jener von Caniparola, wie Savi und Collegno schon lange gezeigt haben, obgleich Bunsen geneigt ist, sie für jurassisch zu halten. Nach einer von Pilla a. a. O., *vol. XX, p.* 816 mitgetheilten Notiz war der Schacht zuletzt 1139 F. tief und zeigte dort die Temperatur 42° C.

peratur von 41,7° C., während die Mitteltemperatur der Oberfläche 16° ist. Hieraus folgt die geothermische Tiefenstufe

bei Monte-Massi = 41,7 F.

welcher geringe Werth wohl nur aus der Nähe vulcanischer Einwirkung zu erklären sein dürfte. Allein auch dieses Resultat wird noch überboten von demjenigen, welches nach Mandelsloh*) das 1045 F. tiefe Bohrloch zu Neuffen in Würtemberg geliefert hat, wo in 88 F. Tiefe die Temperatur 10,8°, 6 F. über dem Grunde des Bohrlochs aber die Temperatur 38,7° beobachtet wurde, woraus sich die Tiefenstufe

bei Neuffen = 34,1 F.

gross ergeben würde. Da die durchbohrten Schichten der Jura- und Liasformation angehören und der Bohrpunkt selbst 1095 P. F. über dem Meeresspiegel liegt, so ist diese ganz excessive Zunahme der Temperatur eine eben so ausserordentliche als schwer zu erklärende Erscheinung**). Denn die höhere Temperatur innerhalb der Schichten des Steinkohlengebirges ist jedenfalls aus den inneren Zersetzungsprocessen zu erklären, welchen die Kohlenflötze, als Haufwerke vorweltlicher Pflanzenmassen, noch bis auf den heutigen Tag unterworfen sind.

Eine der merkwürdigsten Beobachtungsreihen, welche zugleich den schlagendsten Beweis für das Dasein einer von der Sonnenwirkung gänzlich unabhängigen Wärmequelle des Erdinnern liefert, dürfte diejenige sein, welche in Jakutsk in Sibirien gewonnen und in ihren berichtigten Elementen von v. Middendorf mitgetheilt worden ist***). Bekanntlich ist in einem grossen Theile des nördlichen Sibiriens (ebenso wie Nordamerikas) die jährliche Mitteltemperatur so niedrig, dass der Boden das ganze Jahr hindurch auf bedeutende Tiefe gefroren bleibt, und nur im Sommer von oben herein einige Fuss tief aufthaut. Bei Jakutsk, welches unter 62° nördlicher Breite liegt, ist dieser unterirdische Frost ein allgemeines und bis zu grosser Tiefe reichendes Phänomen, ungeachtet der hohen Temperaturen der Monate Juli und August. Der Kaufmann Schergin daselbst liess einen Brunnen 382 Engl. Fuss tief graben, ohne damit die gefrorne Erdschicht zu durchsinken; denn im Tiefsten des Brunnenschachtes zeigte das Thermometer noch eine Temperatur von fast 3° C.

*) Neues Jahrbuch für Min. u. s. w., 1844, S. 440.

**) Daubrée meint, dass sie eine Nachwirkung der früher in der Gegend Statt gefundenen Basaltdurchbrüche sein dürfte, während Bischof geneigt ist, sie von starken Quellen abzuleiten, welche aus grosser Tiefe aufsteigend das ganze Gebirge durchwärmt haben. Lehrb. der chem. und phys. Geologie, Bd. I, S. 139.

***) Poggend. Ann., Bd. 62, 1844, S. 404.

unter dem Frostpunkte. Allein das höchst wichtige und interessante Resultat, welches dieser Schacht lieferte, ist die durch Middendorfs sorgfältige Untersuchung völlig constatirte Thatsache, dass auch in diesem durchaus gefrornen Theile der Erdkruste eine fortwährende Zunahme der Temperatur Statt findet. Nach seinen, in horizontalen $7\frac{1}{2}$ F. tiefen Bohrlöchern angestellten Beobachtungen wurden in folgenden Tiefen die beistehenden Temperaturen nachgewiesen:

Tiefe	Temp.	Tiefe	Temp.
7 Engl. F.	— 17,12° C.	150 Engl. F.	— 5,81° C.
15 - -	— 13,12 -	200 - -	— 5,00
20 - -	— 11,38 -	250 - -	— 4,25
50 - -	— 8,19 -	300 - -	— 4,12
100 - -	— 6,81 -	350 - -	— 3,31
		382 - -	— 2,92

Der Nullpunkt dürfte also erst in etwa 200 Fuss grösserer Tiefe zu erwarten sein, so dass die gefrorne Erdschicht bei Jakutsk fast 600 F. dick sein wird; woraus sich schliessen lässt, wie bedeutend diese Dicke weiter nördlich bis zur Mündung der Lena zunehmen mag. Dass aber unter dieser von ewigem Froste starrenden Kruste der arctischen Regionen der Thaupunkt, und weiter hinein immer höhere Temperaturen wirklich erreicht werden würden, darüber lassen die Beobachtungen in Jakutsk durchaus keinen Zweifel mehr übrig. Sie gewähren eine höchst überraschende Bestätigung des allgemeinen Theorems von der Wärmezunahme in der Tiefe.

§. 24. *Ursachen der Verschiedenheit der geothermischen Tiefenstufe.*

Die bedeutende Verschiedenheit, welche die Werthe der geothermischen Tiefenstufe zeigen, sind einerseits in der verschiedenen Beschaffenheit der die Erdkruste bildenden Gesteine, anderseits in den Verhältnissen der unterirdischen Wasserzuflüsse, und endlich wohl auch darin begründet, dass die im Erdinnern verborgene Wärmequelle, welcher Art sie auch sein mag, bald näher bald weiter von der Erdoberfläche entfernt ist.

Es wurde schon vorhin gelegentlich darauf hingewiesen, dass die, wenn

auch nicht immer*) so doch häufig beobachtete raschere Wärmezunahme innerhalb der Schichten der Steinkohlenformation wenigstens zum Theil aus der Temperatur-Erhöhung zu erklären sein dürfte, welche durch die seit undenklichen Zeiten Statt findende chemische Zersetzung der die Kohlenflötze bildenden Pflanzenmassen herbeigeführt werden musste.

Eine andere und weit allgemeinere Ursache jener Verschiedenheit ist in der verschiedenen Wärme-Capacität und dem verschiedenen Wärmeleitungsvermögen der Gesteine zu suchen. Die Gesteine haben eine so verschiedenartige materielle Beschaffenheit und so verschiedene Structur-Verhältnisse, dass sie nothwendig als Wärmebinder und Wärmeleiter eine sehr verschiedene Wirkung ausüben müssen. Dazu kommt noch die verschiedene Permeabilität derselben für die aus der Tiefe aufwärts oder aus der Höhe abwärts zudringenden Wasser, welche ihre normale Temperatur mehr oder weniger modificiren. Daher wird man schon *a priori* eine Verschiedenheit der geothermischen Tiefenstufe erwarten können.

Dies wird auch durch die Erfahrung bestätigt. So fanden Fox und Henwood, dass in den Cornwaller Gruben, welche theils in Granit, theils in Schiefer betrieben werden, der Schiefer im Allgemeinen eine grössere Wärmezunahme ergiebt, als der Granit. Ueber den Einfluss der Erzgänge sind die Ansichten getheilt, indem ihnen z. B. Fox und Forbes eine höhere Temperatur zuschreiben, als dem Nebengestein, während Henwood aus seinen Beobachtungen das Gegentheil folgert. Ueber das verschiedene Leitungsvermögen der Gesteine hat aber besonders Forbes in der Gegend von Edinburgh eine Reihe sehr lehrreicher Versuche angestellt**), welche den bedeutenden Einfluss dieses Elementes auf die geothermischen Verhältnisse nachweisen, und sowohl die Tiefengränze als den Gang der jährlichen Temperatur-Variationen sehr verschieden erscheinen lassen, je nachdem der Erdboden z. B. aus Trapptuff, aus Sandstein oder aus losem Sande besteht.

Bei denen in Artesischen Brunnen angestellten Beobachtungen, welche zwar jenen in Bergwerken im Allgemeinen vorzuziehen sind, darf doch keineswegs der Fehler übersehen werden, welcher möglicherweise dadurch in das Resultat gebracht werden kann, dass die im Tiefsten erbohrten Quellen, relativ zu diesem Tiefsten, entweder warme

*) Denn zu Carmeaux, Newcastle und Manchester sind nach §. 22 keine besonders auffallend kleinen Werthe der geothermischen Tiefenstufe nachgewiesen worden.

**) Poggend. Ann., Bd. 46, S. 509.

oder kalte Quellen sein können, wenn sie z. B. sehr rasch entweder aus grösserer oder aus kleinerer Tiefe nach dem Grunde des Bohrloches zuströmen*).

Endlich hat Cordier die sehr wahrscheinliche Ansicht aufgestellt, dass der eigentliche Sitz oder Urquell der innern Erdwärme keinesweges überall in derselben Tiefe vorauszusetzen, vielmehr in manchen Gegenden mehr, in anderen Gegenden weniger weit von der Oberfläche entfernt sei. Eine solche Verschiedenheit würde aber nothwendig auf die Grösse der geothermischen Tiefenstufe einwirken, weil doch anzunehmen ist, dass die (wahrscheinlich sehr hohe) Temperatur jenes Urquells überall ziemlich gleich gross sein dürfte.

Rechnet man nun zu allen diesen und anderen Ursachen die nicht immer ganz zu vermeidenden Beobachtungsfehler**), die zuweilen mangelhafte Bestimmung der Mitteltemperatur des betreffenden Oberflächenpunctes, und die nicht seltene Vernachlässigung eines sogleich zu erwähnenden Umstandes; so wird man sich nicht wundern, die Grösse der Wärmezunahme so verschieden bestimmt zu sehen, ohne doch deshalb ihr Dasein überhaupt bezweifeln zu wollen.

§. 25. *Abhängigkeit der geothermischen Tiefenstufe von der Reliefform des Landes.*

Der Umstand, auf welchen zu Ende des vorigen §. hingedeutet wurde, und dessen Vernachlässigung eine sehr fehlerhafte Bestimmung der geothermischen Tiefenstufe zur Folge haben kann, lässt sich dahin bezeichnen, dass diese Tiefenstufe abhängig von den Reliefformen des Landes, oder dass sie eine Function der Terrainböschung ist. Diese Abhängigkeit ist aber eigentlich in zwei verschiedenen Verhältnissen begründet; einmal in der Aufragung oder Einsenkung der Massen überhaupt, und dann in der damit verbundenen Temperatur-Verschiedenheit ihrer Oberfläche.

*) Man vergleiche über diese und andere störende Einflüsse, denen die Beobachtungen in artesischen Brunnen unterworfen sind, Bischof, Lehrbuch der chem. und phys. Geologie, Bd. I, S. 136 ff. u. S. 160 f.

**) Zur Beseitigung dieser Fehler, so weit solche in den Instrumenten begründet sind, haben Magnus und Walferdin sehr zweckmässige und eigenthümlich construirte Thermometer angegeben. Magnus in Poggend. Ann., Bd. 22, S. 136 ff., auch Bd. 40, S. 124 und Walferdin in *Bull. de la soc. géol., vol. VII, p.* 193 und 354.

Denken wir uns durch alle diejenigen Tiefenpuncte einer Gegend, welche dieselbe Temperatur besitzen, Linien gezogen oder eine Fläche gelegt, so können wir jene Linien mit Bischof chthonisotherme Linien, und diese Fläche eine chthonisotherme Fläche nennen*). Wäre nun die Temperatur der Atmosphäre in allen Höhen gleich gross, so würden es auch die Mitteltemperaturen aller Oberflächenpunkte eines Berges sein, und die oberen chthonisothermen Flächen müssten (abgesehen von den Verschiedenheiten des Leitungsvermögens, der Durchwässerung des Gesteines und anderer localer Umstände) der Oberfläche des Berges ungefähr parallel sein. Allein die Temperatur der Atmosphäre ist bekanntlich in verschiedenen Höhen sehr verschieden; sie nimmt mit der Höhe auffallend ab, und wenn auch das Gesetz dieser Abnahme nicht genau bekannt ist, so lässt sich doch nach Bischof im Mittel auf je 542 P. Fuss Höhe 1° Temperatur-Verminderung annehmen.

Das Luftmeer verhält sich also auf ähnliche Weise, wie die Erdkruste, d. h. von oben nach unten findet eine Zunahme der Temperatur Statt. Während aber die geothermische Tiefenstufe im Mittel auf etwa 100 P. Fuss veranschlagt werden kann, so beträgt die aërothermische Tiefenstufe 5 bis 6 Mal so viel. Nun wird die Mitteltemperatur der äusseren Bodenschicht wesentlich durch die Mitteltemperatur der Luft bestimmt, ja, man kann beide einander fast gleich setzen; folglich wird die obere Temperatur, auf welche eigentlich jede unterirdische Temperatur bezogen werden muss, ein von der aërothermischen Tiefenstufe abhängiges Element sein. Weil aber innerhalb einer solchen Stufe 5 bis 6 geothermische Stufen enthalten sind, so muss zwar nothwendig unter jedem Berge ein Aufsteigen der Chthonisothermen Statt finden, allein dieses Aufsteigen wird allemal in weit geringerem Maasse erfolgen, als das des Bergabhanges.

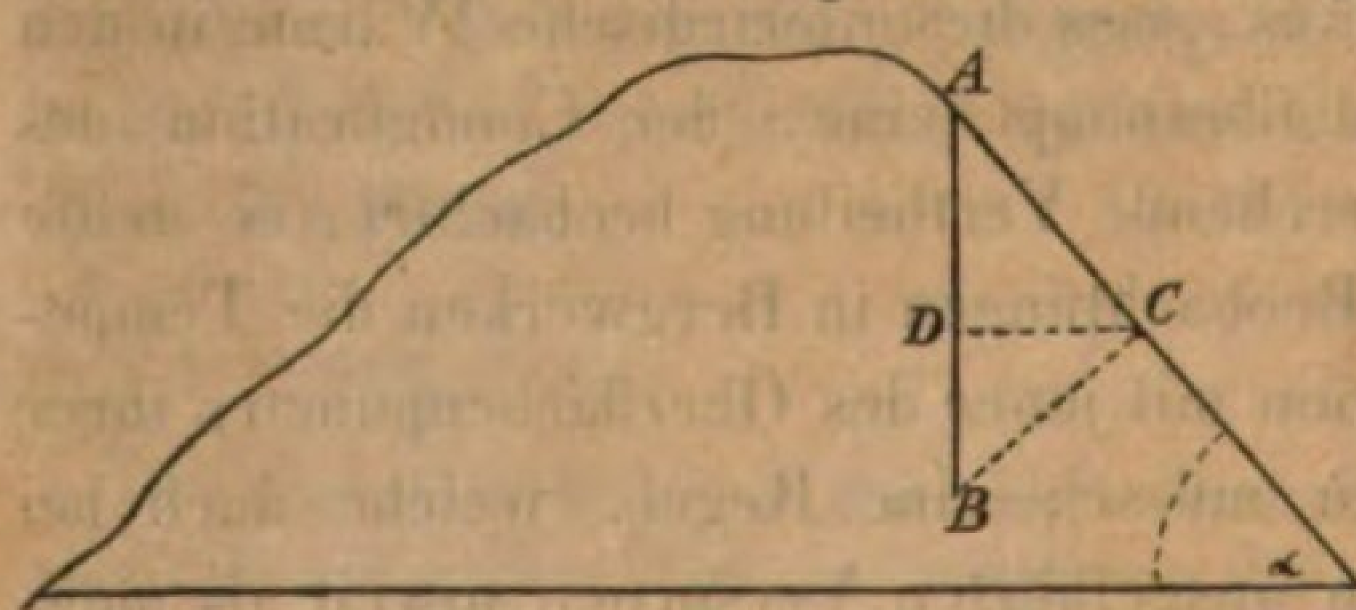
Schon Cordier erkannte es, dass die unterirdische Wärme in den Bergen etwas heraufrückt und überhaupt eine, der Configuration des Terrains einigermaassen entsprechende Vertheilung beobachtet; er stellte daher die Regel auf, dass bei Beobachtungen in Bergwerken die Temperatur jeder unterirdischen Station mit jener des Oberflächenpunctes ihrer Verticale verglichen werden müsse; eine Regel, welche auch bei denen in Sachsen und Preussen ausgeführten Versuchen soweit als möglich berücksichtigt worden ist. Später wurde es von Bischof und

*) Herschel und Babbage haben sie isotherme Flächen genannt; es scheint aber zweckmässiger die genauere Bezeichnung anzuwenden, welche das von Bischof vorgeschlagene Wort gewährt.

Herschel weit bestimmter ausgesprochen, dass die chthonisothermen Flächen, welche tiefer im Erdinnern ellipsoidisch sind, näher gegen die Erdoberfläche eine, den Reliefformen derselben entsprechende Umgestaltung erleiden, und unter den Erhöhungen des Landes convexe, unter den Vertiefungen desselben concave Stellen erhalten müssen*).

Mit diesen Verhältnissen ist aber auch nothwendig eine Abhängigkeit des Werthes der geothermischen Tiefenstufe von der Böschung des Terrains verbunden. In horizontalen Ebenen wird solche ohne Weiteres in verticaler Richtung abzumessen sein; allein auf grossen geneigten Flächen, auf den Abhängen hoher Berge ist es nicht mehr diese Richtung, sondern die Richtung der Normale der Terrainböschung, in welcher sie gemessen werden muss. Denn in dieser Richtung erfolgt die letzte Ausleitung der Wärme, während sie nur in grösseren Tiefen auch unter solchem Bergabhange in verticaler Richtung Statt findet. Daher hat auch die von Cordier aufgestellte Regel nur Giltigkeit in horizontal oder doch beinahe horizontal ausgedehntem Lande, also im Flachlande der Ebenen und Plateaus. Im Gebirge aber und auf hohen Einzelbergen ist diese Regel dahin zu modificiren, dass jede unterirdische Station mit dem Austrittspunkte ihrer auf die nächste Böschung gezogenen Normale in Beziehung gebracht werden muss. Diess gilt wenigstens für alle diejenigen Tiefen, welche noch nicht unter der allgemeinen Basis des Berges enthalten sind, indem erst unterhalb dieser Basis ein verticaler Ausfluss der Wärme anzunehmen ist.

Dieser Umstand, welchen zuerst Poggendorff angedeutet und bald darauf Bischof ausführlich hervorgehoben hat**), kann allerdings bei einigermaassen stark geneigtem Terrain einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat haben, und lässt überdiess alle, in dergleichen Terrain angestellten geothermischen Beobachtungen zugleich abhängig von der atmosphärischen Wärme erscheinen, wie folgende Betrachtung lehrt.



Auf einem Bergabhange AE, dessen Neigung $= \alpha$, sei ein Schacht oder ein Bohrloch AB von b Fuss Tiefe niedergebracht worden. Die Temperatur des Mundlochs A sei $= t$, die des Tiefsten $B = t'$; ferner sei die aërothermische Tiefenstufe $= a$, und die geothermische Tiefenstufe $= c$.

*) Bischof a. a. O. S. 167 ff. und Herschel in *The London and Edinb. Philos. Mag. vol.* 9, 1837, *p.* 212 *f.*

**) Poggendorff in seinen Annalen, Bd. 38, 1836, S. 600, und Bischof a. a. O. S. 178 f.

Man fälle von dem tiefsten Puncte B des Bohrloches eine Normale BC auf den Bergabhang, eben so von ihrem Austrittspuncte C eine Normale CD auf AB, und bezeichne die noch unbekannte Temperatur dieses Austrittspunktes mit x.

Nun ist der Abstand dieses Punctes vom Bohrlochtiefsten,

$$BC = b\cos\alpha$$

und der verticale Abstand desselben Punctes unter dem Mundloche A,

$$AD = b\sin^2\alpha$$

Da nun die aërothermische Tiefenstufe $= a$ ist, so wird offenbar

$$AD = b\sin^2\alpha = (x - t)a$$

und folglich

$$x = \frac{b\sin^2\alpha + at}{a}$$

Diese Temperatur ist es nun, auf welche eigentlich die im Bohrlochtiefsten beobachtete Temperatur t' bezogen werden muss, indem dabei die Länge der Normale BC zu Grunde gelegt wird. Will man also aus den beobachteten Temperaturen t und t' die wahre Grösse der geothermischen Tiefenstufe ableiten, so hat man die Länge BC durch die Temperaturdifferenz $t' - x$ zu dividiren. Es ist aber

$$t' - x = \frac{a(t' - t) - b\sin^2\alpha}{a}$$

folglich wird

$$c = \frac{ab\cos\alpha}{a(t' - t) - b\sin^2\alpha}$$

Setzt man in diesem Ausdrucke $t' - t = 1$, so ergiebt sich

$$b = \frac{ac}{a\cos\alpha + c\sin^2\alpha}$$

als diejenige verticale Tiefe, welche auf dem Bergabhange 1° Temperaturzunahme entspricht, wenn c die normale Tiefenstufe ist*).

Es sei z. B. $a = 542$ F., $c = 92$ F. und $\alpha = 30°$; so bestimmt sich $b = 101{,}3$ F., d. h. in dem senkrechten Bohrloche an dem, unter 30° aufsteigenden Bergabhange entsprechen nicht 92 F., sondern erst 101,3 F. einem Grade wirklicher Temperaturzunahme. Dieses Beispiel zeigt, dass der Fehler ziemlich bedeutend werden kann, welchen man begehen würde, wenn man die Tiefe des Bohrloches ohne Weiteres durch die Differenz der unten und oben beobachteten Temperaturen dividiren wollte, um die geothermische Tiefenstufe zu bestimmen.

*) Dieser Werth von b ist derselbe, welchen Bischof a. a. O. S. 180 für die daselbst mit BF bezeichnete Linie findet; er ist nur hier etwas anders entwickelt worden.

§. 26. *Wahrscheinliches Gesetz der Wärmezunahme.*

Zwar haben die in Bergwerken angestellten Beobachtungen zu keinen Ergebnissen geführt, aus welchen irgend ein Gesetz der Wärmezunahme gefolgert werden könnte; allein diess ist auch von ihnen gar nicht zu erwarten, da der Wetterzug und Wasserlauf die ursprünglichen Temperatur-Verhältnisse des Gesteines um so bedeutender verändert haben werden, je älter die Grube ist, und je ausgedehnter ihre Baue sind. Nur ganz isolirte, mit Stollen und Strecken noch nicht verbundene Schächte, so wie Bohrlöcher werden für die Lösung dieses Problems brauchbare Unterlagen liefern können.

Am Ende aber sind alle unsere Beobachtungen verhältnissmässig auf so geringe Tiefen beschränkt, dass es sehr zweifelhaft bleibt, ob nicht innerhalb dieser Tiefen das eigentliche Gesetz der Temperatur-Progression durch mancherlei Störungen und Anomalien dermaassen versteckt und maskirt werden dürfte, dass eine sichere Erkennung desselben in den für uns allein erreichbaren ersten Gliedern für alle Zeiten unmöglich bleiben wird.

Man nimmt gewöhnlich die Hypothese an, und legt solche allen Berechnungen zu Grunde, dass die Wärmezunahme nach einer arithmetischen Progression Statt finde, oder dass die geothermische Tiefenstufe in allen Tiefen einer und derselben Verticale denselben Werth habe. Diese Hypothese mag vielleicht für die uns erreichbaren Tiefen annäherungsweise zulässig sein, kann aber gewiss nicht das wahre Gesetz der Wärmezunahme ausdrücken, weil sie auf Folgerungen führt, welche durch andere Erscheinungen widerlegt oder doch sehr zweifelhaft gemacht werden. Es ist vielmehr höchst wahrscheinlich, dass die Tiefenstufen in grösseren Tiefen auch grössere Werthe erhalten, dass also die Wärmezunahme weiter hin weniger rasch erfolgt, und dass wohl zuletzt eine Tiefe erreicht werden würde, unterhalb welcher die Temperatur bis zum Mittelpuncte der Erde ziemlich constant ist. Wie klein übrigens auch der unmittelbare Spielraum unserer geothermischen Beobachtungen ist, so gewähren uns doch einige Beobachtungsreihen eine Hinweisung darauf, dass dergleichen Verhältnisse wirklich Statt finden müssen.

So hat Fox aus einer Vergleichung mehrer Beobachtungen das Resultat abgeleitet, dass innerhalb der ersten 600 Fuss eine raschere Zunahme der Wärme besteht, als innerhalb der nächstfolgenden 600 Fuss. Henwood erhielt wenigstens bis zu 900 F. Tiefe ähnliche Ergebnisse, obgleich er weiter hinein wieder eine Verkürzung der Tiefenstufe gefun-

den haben will. Auch Rogers fand in Virginien eine merkliche Vergrösserung der Tiefenstufe mit zunehmender Tiefe.

In dem Bohrloche von Grenelle beobachtete man:

bei 763 F. Tiefe, 20,0° C. Temperatur*)
bei 1555 - - 26,43 - -

Bezieht man die erste Beobachtung auf die constante Temperatur 11,7° C., welche das in den Kellern der Pariser Sternwarte 86 F. tief stehende Thermometer zeigt, so folgt, von dieser Tiefe aus gerechnet, die Tiefenstufe

innerhalb der ersten 677 F. = 81,6 F.
innerhalb der nächsten 792 - = 123 -

was offenbar eine Verlängerung der Tiefenstufe mit der Tiefe beweist. Der Scherginsche Brunnenschacht in Jakutsk liefert gleichfalls einen sehr auffallenden Beleg für das Stattfinden eines solchen Gesetzes.

Einen sehr überzeugenden Beweis für eine abnehmende Progression der Wärmezunahme in der Tiefe finden wir endlich in Bischofs Versuchen über die Abkühlungsgesetze grosser Kugeln von geschmolzenem Basalt. Denn, welcher Ansicht man auch über den Ursprung und das Wesen des Wärmeschatzes unseres Erdinnern huldigen möge, so wird man denselben doch im Allgemeinen an die sphäroidische Form der Erde gebunden voraussetzen müssen, indem die äussere Kruste derselben eine wärmere Kugel umschliesst, deren Erkaltungsgesetze von denen solcher Basaltkugeln nicht wesentlich verschieden sein können. Bischof fand nun in einer Basaltkugel von 27¼ Zoll Durchmesser, 48 Stunden nach dem Gusse, folgende, um die Temperatur der umgebenden Luft bereits verminderte Wärmegrade:

im Mittelpunkte	153,5° R.
4,5 Zoll vom Mittelpunkte	136,0 -
6,75 - - -	124,9 -
9,0 - - -	109,8 -

Aus diesen Beobachtungen folgt offenbar eine mit der Tiefe abnehmende Progression der Wärmezunahme. In der äusseren Hälfte des

*) Poggend. Ann., Bd. 38, S. 416 wo auch für 917 F. 22,2° angegeben wird; die Beobachtung bei 1555 F. Tiefe stellte Walferdin an und ist solche sehr zuverlässig. Das aus 1686 F. Tiefe ausströmende Wasser hat 27,6°; vergleicht man diese Temperatur mit der bei 917 F., so ergiebt sich die Vergrösserung der Tiefenstufe in noch weit auffallenderem Maasse. Auch die in dem Bohrloche bei Neusalzwerk in verschiedenen Tiefen beobachteten Temperaturen führen auf dasselbe Resultat.

Halbmessers von 9 Zoll beträgt sie nämlich 26,2°, in der innern Hälfte 17,5°, woraus sich die Tiefenstufe für 1° Zunahme dort zu 0,172, hier zu 0,257 Zoll ergiebt. Theilen wir denselben Halbmesser in vier gleiche Theile, so finden wir von aussen nach innen:

im ersten Viertel, die Temp. Zunahme = 15,1°
im zweiten Viertel, - - - = 11,1

woraus sich die Tiefenstufen 0,149 und 0,203 Zoll bestimmen. Man kann es hiernach als erwiesen ansehen, dass in einer durch Wärmeleitung und Wärmeausstrahlung sich abkühlenden Kugel die thermischen Tiefenstufen nach Innen zu immer grösser werden.

§. 27. *Resultate und weitere Folgerungen.*

Die Hauptresultate unserer bisherigen Betrachtungen lassen sich in folgenden beiden Sätzen zusammenfassen:

1) Unterhalb der Tiefe, bis zu welcher die jährlichen Temperaturwechsel dringen, findet eine fortwährende Zunahme der Temperatur Statt, welche zwar in verschiedenen Gegenden, nach Maassgabe der Gesteinsbeschaffenheit und anderer localen Umstände, verschieden ist, in einer runden Mittelzahl aber für je 100 F. Tiefe zu 1° C. veranschlagt werden kann.
2) Diese Temperatur-Zunahme lässt sich zwar in den oberen uns erreichbaren Tiefen fast als gleichmässig betrachten, findet aber in grösseren Tiefen in geringerem Maasse Statt, so dass die geothermischen Tiefenstufen weiter hinein immer grössere Werthe erhalten.

Es könnte aber eine solche Zunahme der Temperatur mit der Tiefe nach allen über die Wärmefortpflanzung bekannten Gesetzen, durchaus nicht Statt finden, wenn die Erde alle Wärme lediglich von der Sonne empfinge, und nicht mit einer eigenthümlichen Wärmequelle in ihrem Innern begabt wäre. Da nun die Zunahme der Wärme durch die Beobachtungen hinreichend erwiesen ist, so sind wir auch genöthigt, unserm Planeten eine eigenthümliche, in seinem Innern verborgene Wärmequelle zu vindiciren, Diese Folgerung hat durchaus nichts Hypothetisches; sie ist vielmehr das unmittelbare und nothwendige Resultat unserer thermometrischen Beobachtungen einerseits, und der über die Wärmefortpflanzung bekannten Naturgesetze anderseits, und wer sie bestreiten will, der muss entweder diese Gesetze oder jene Beobachtungen für falsch erklären.

Um uns nun aber eine etwas bestimmtere Ansicht über die Natur und das Wesen jener Wärmequelle des Erdinnern zu bilden, dazu müssen wir vor allen Dingen die Frage in Erwägung ziehen, ob wir wohl berechtigt sind, die Resultate unsrer thermometrischen Beobachtungen als die ersten Glieder einer weiter fortlaufenden Reihe zu betrachten, und ob es nicht blos ein Spiel unserer Einbildungskraft ist, wenn wir aus denen, verhältnissmässig doch nur sehr wenig tief reichenden wirklichen Beweisen einer Wärmezunahme den Schluss ziehen, dass dieselbe Zunahme bis in weit grössere Tiefen fortsetze.

Unsere unmittelbaren Beobachtungen reichen bereits an einigen Puncten bis über 1500 F. weit unter den Meeresspiegel*), und ergeben dabei für je 100 F. Tiefe einen Temperaturzuwachs von 1° C. und darüber. Sind wir nun berechtigt, weiter zu schliessen, dass den nächsten 1500 F. abermals wenigstens 15° Wärmezunahme entsprechen, dass diess so fortgehe in immer grössere Tiefen, und dass z. B. mit 10,000 F. Tiefe die Temperatur des siedenden Wassers erreicht werden würde? Oder, weil die Frage so ausgesprochen die Voraussetzung einer arithmetischen Progression enthält, sind wir überhaupt berechtigt, eine in sehr grosse Tiefe fortgehende Zunahme der Temperatur nach irgend einer Progression zu statuiren? — Freilich finden wir uns hier von allen directen Beobachtungen verlassen; hier, wo es sich um Tiefen handelt, zu welchen wir nimmer hinabgelangen können. Aber sendet uns nicht vielleicht die Erde selbst ihre Boten herauf, die Zeugniss ablegen vom Zustande ihres Innern? Ja, sie sendet sie herauf. Denn wohl können wir die an zahllosen Puncten dem Erdinnern entsteigenden heissen Quellen als solche Boten aus der Tiefe betrachten, welche uns die nächst fehlenden Glieder unserer Beobachtungsreihe verschaffen.

An die Artesischen Brunnen, an diese dem Schoose der Erde künstlich entlockten lauen Quellen schliessen sich sehr ungezwungen die, demselben Erdenschoose freiwillig entspringenden warmen und heissen Quellen an, und wenn wir jenen irgend eine Beweiskraft

*) Es sind diess die Beobachtungen von Grenelle, Neusalzwerk und Mondorff; das Bohrloch von Grenelle ist 1686, das von Neusalzwerk 2144 P. F. tief, und jenes reicht 1580, dieses 1926 F. unter den Meeresspiegel. Der Schacht zu Monk-Wearmouth unweit Newcastle, in welchem Phillips die Temperatur von 22,55° C. beobachtete, reicht 1405 F. und das tiefste bis jetzt in Europa gestossene Bohrloch bei Mondorff in Luxemburg (2247 P. F.) reicht 1614 F. unter den Meeresspiegel, wenn Modorff 633 F. hoch angenommen wird.

zugestanden haben, so ist wahrlich kein Grund vorhanden, diesen jede Beweiskraft abzusprechen*).

Es sprudeln aber fast alle heissen Quellen mit ausserordentlicher Heftigkeit hervor, woraus sich schliessen lässt, dass sie mit grosser Geschwindigkeit aus der Tiefe heraufsteigen; mit einer Geschwindigkeit, welche ihnen nicht erlaubt, sich bei ihrem Durchgange durch die oberen, kälteren Erdschichten hinreichend abzukühlen, weshalb sie die Temperatur der Tiefe noch ziemlich ungeschwächt mit zu Tage heraufbringen.

Desungeachtet ist aber doch immer eine gewisse Abkühlung vorauszusetzen, so dass manche heisse Quellen in den tieferen Regionen ihres Laufes eine Temperatur besitzen müssen, welche die des an der Erdoberfläche siedenden Wassers bedeutend übertrifft**).

Und so liefern uns denn die heissen Quellen den Beweis, dass die Temperatur-Zunahme in den Tiefen der Erde wenigstens bis zu der Hitze des siedenden Wassers steigen müsse, welche vielleicht überall in einer Tiefe zwischen 10,000 und 20,000 Fuss erreicht werden würde.

§. 28. *Feurigflüssiger Zustand des Erdinnern.*

Es wird nun in der That schwer, der Einbildungskraft zu gebieten: bis hierher und nicht weiter! es wird diess um so schwerer, weil der Verstand für ein solches Gebot durchaus keinen zureichenden Grund findet.

*) Sehr richtig sagt daher Bischof in seinem Lehrbuche der Geologie, Bd. II, S. 50: »Aus dem warmen und beständig warm bleibenden Ende einer eisernen Stange wird ein Blinder, wenn er sie mit Händen fasst, auf eine beständige Wärmequelle schliessen, welcher das andere Ende ausgesetzt ist. Die blinden Ultraneptunisten aber, welche aus sedimentären Formationen aufsteigende warme Quellen kommen sehen, scheinen nicht zu begreifen, dass hier ein Wärmeleitungs-Phänomen gleichfalls vorliegt.« Nach Humboldt (Kosmos I, 231) hat schon der heilige Patricius am Ende des dritten Jahrhunderts eine ganz richtige Ansicht über die Ursache der heissen Quellen ausgesprochen.

**) Diess wird auch vollkommen durch die Beobachtungen von Descloizeaux und Bunsen bestätigt, welche den Geyser in 22 Meter Tiefe bis 127° C. warm fanden, während nahe unter der Oberfläche 84 bis 85° beobachtet wurde. Eben so zeigte der Strokr in 13,5 Meter Tiefe 113 bis 114° Wärme. Diese, schon früher von Lottin und Robert nachgewiesene höhere Temperatur ist bei allen kochenden Quellen eine durch den grösseren Druck in der Tiefe nothwendig bedingte Erscheinung. Denn der Gasgehalt der heissen Quellen schliesst ohnediess die Erklärung aus, welche man auf die Versuche von Donny und Galy-Cazalat gründen könnte, welchen zufolge luftfreies Wasser auch unter dem Drucke einer Atmosphäre bis 123, ja sogar bis 135° C. erhitzt werden kann.

Denn, was hindert uns denn, die Induction weiter fortzusetzen, und in den Lavaströmen der Vulcane neue, aber freilich sehr weit hinausreichende Glieder unserer Beobachtungsreihe anzuerkennen? Die Lava ist geschmolzenes oder feurigflüssiges Gestein, welches dem Schoose der Erde eben so entsteigt, wie das kochende Wasser der heissen Quellen; nur geschieht diess unter so heftigen und gewaltsamen Symptomen, dass wir wohl erkennen müssen, wie diese feurigflüssigen Massen aus noch weit grösseren Tiefen heraufgepresst werden, als die Wasser der heissen Quellen.

Es liegt in dieser Induction durchaus nichts Erzwungenes oder Unnatürliches; wir sind vielmehr vollkommen berechtigt, die Beobachtungen in Bergwerken mit den Beobachtungen in Artesischen Brunnen, diese mit der Thatsache der warmen und heissen Quellen, und diese wiederum mit der Thatsache der Lava-Eruptionen in Verbindung zu setzen, um die Reihe unserer geothermischen Beobachtungen einigermaassen zu vervollständigen, und uns so wenigstens einzelne Bruchstücke jener grossen Temperaturscala zu verschaffen, welche von der Oberfläche der Erde bis zu sehr grossen Tiefen hinabreicht.

Die Temperatur der feurigflüssigen Lava kann aber gewiss in den Tiefen ihrer eigentlichen Heimath auf wenigstens 2000° C. veranschlagt werden, und es lässt sich kaum bezweifeln, dass wohl noch höhere Wärmegrade Statt finden, da wir bei metallurgischen Schmelzprocessen Temperaturen bis zu 2500 und 2800° C. hervorzubringen vermögen*), und da der bedeutende Druck, welchem die tieferen Massen unterliegen, eine Steigerung der Temperatur voraussetzen lässt. Es fragt sich nun, auf welche Tiefen uns wohl die Temperatur der Lava verweist? Wenn die Wärmezunahme dem Gesetze einer arithmetischen Progression folgte, so würde solche Temperatur schon in der Tiefe von 200000 Fuss oder 9 geogr. Meilen erreicht werden. Da es aber mehr als wahrscheinlich ist, dass die geothermischen Tiefenstufen mit der Tiefe selbst wachsen, so werden wir auch eine weit grössere Tiefe anzunehmen berechtigt sein, und es gar nicht unmöglich finden, dass die Heimath der flüssigen Lava wohl erst in 30, 40 und mehren Meilen Tiefe zu

*) Die Temperatur des schmelzenden Roheisens ist nach Daniell 1915°, nach Scheerer für graues Roheisen 1550°. Den Schmelzpunct des Platins bestimmte Platner zu 2534° C. und die grösste Hitze, welche in einem Hohofen, bei Anwendung von 300° warmer Gebläsluft, erreicht werden kann, setzt Scheerer auf 2850°. Scheerer in Poggend. Ann. Bd. 60, S. 512; Merbach, die Anwendung der erwärmten Gebläsluft, S. 300.

suchen ist. Nun sind aber die Vulcane eine auf der Erde sehr allgemein verbreitete und in allen Zonen vorkommende Erscheinung; wir werden daher auch in sehr vielen Gegenden auf das Dasein so ausserordentlicher Wärmegrade im Erdinnern verwiesen, und können uns kaum der Ansicht erwehren, dass solche wohl am Ende in jeder Verticale erreicht werden können, und dass also überall in grösseren Tiefen eine Hitze herrscht, bei welcher alle Körper im feurigflüssigen Zustande erhalten werden.

Sind wir aber erst so weit gelangt, dann drängt sich fast von selbst die Vermuthung auf, dass sich der ganze Erdball, welcher seiner sphäroidischen Gestalt zufolge doch einmal flüssig gewesen sein muss, wohl ursprünglich in einem feurigflüssigen Zustande befunden habe, dass er sich später mit einer Erstarrungskruste bedeckte, welche im Laufe der Zeiten immer dicker wurde, und noch gegenwärtig durch die höchst langsam fortschreitende innere Abkühlung an Dicke zunimmt, während sie eine grosse feurigflüssige Kugel, wie die Schale einen Kern, umschliesst.

Allein nur bis zu der Schmelztemperatur seines Materiales, welche dem in der Tiefe vorhandenen Drucke entspricht, können und dürfen wir für das Erdinnere eine Zunahme der Wärme gelten lassen, weil durchaus kein Grund vorliegt, einen noch weiteren Fortschritt der Temperatur bis auf ganz unglaubliche und geradezu fabelhafte Grade vorauszusetzen. Wenn man also, wie so oft geschehen ist, die durch nichts begründete Fiction einführt, dass die angeblich arithmetische Progression der Wärmezunahme bis zu dem Mittelpuncte der Erde fortschreitet, und wenn man demgemäss für diesen Punct eine Temperatur von mehr als 250000 Graden herausrechnet, so giebt man nur den Gegnern ein Mittel in die Hand, die ganze Theorie *ad absurdum* zu führen. Nein, durch die Annahme eines feurigflüssigen Zustandes des Erdinnern wird jene Ausgeburt der Phantasie erstickt, dass die Temperatur bis nach dem Mittelpuncte hin zu so ganz überschwenglichen Gluthen fortwachse. Denn, ist das Innere wirklich flüssig, so braucht auch die Temperatur jenseits der Gränze des flüssigen Kernes nicht viel höher zu steigen, während sie innerhalb desselben ziemlich constant sein kann, weil dort nothwendig Strömungen Statt finden müssen, durch welche sich die etwaigen Differenzen mehr oder weniger ausgleichen*).

Und so wären wir denn auf die alte Hypothese von einem Central-

*) Vergl. Poggendorff in Poggend. Ann. Bd. 39, S. 99.

feuer gelangt; auf eine Hypothese, deren wissenschaftliche Begründung schon früher von Cartesius, Leibniz, Buffon u. A. versucht, später aber von Laplace, Fourier und Cordier so glücklich durchgeführt worden ist, dass ihr gegenwärtig von der grossen Mehrzahl der Geologen gehuldigt wird.

Wir bedienen uns des kurzen und allgemein adoptirten Ausdrucks Centralfeuer, obwohl es sich von selbst versteht, dass damit kein Flammfeuer im gewöhnlichen Sinne des Wortes, sondern nur ein glühendflüssiger Zustand des Erdinnern gemeint ist. Uebrigens ist die Hypothese desselben in so trefflichem Einklange mit der ganzen Entwicklungsgeschichte unsers Planeten überhaupt und seiner uns bekannten Kruste insbesondere, dass man dieser Hypothese wohl den Werth eines Theorems zugestehen kann.

Sehr richtig sagt in dieser Hinsicht Frapolli: *l'hypothèse de la chaleur centrale est désormais le lien de réunion de tous les faits observés; c'est là, on peut le dire, un veritable principe; principe sublime, sans lequel la géologie ne serait plus qu'un amas de faits incohérents et inexplicables. Bull. de la soc. géol., 2. série, t. IV, p.* 611. Sogar der skeptische Macculloch erklärte sich in seiner lakonischen Weise: *as to the central heat, if there is no ample proof, J know not, that geology can furnish proof of any thing; System of Geology, vol. II, p.*408. Hat doch selbst der grosse Davy, welcher früher die Hypothese eines aus Erd- und Alkali-Metallen bestehenden Kernes aufstellte, später seine Ansicht aufgegeben, und die Ueberzeugung ausgesprochen, dass die Hypothese eines feurigflüssigen Erdinnern eine noch weit einfachere Erklärung der Erscheinungen gewähre. Und nicht erst in seinem wissenschaftlichen Schwanengesange (*Consolation in travel and last days of a Philosopher*) sondern schon in derselben Abhandlung (*Philos. Trans. for* 1828) in welcher er seine glänzende Entdeckung auf die vulcanischen Erscheinungen anzuwenden versuchte, sprach der vorurtheilsfreie grosse Chemiker zum Schlusse das Bekenntniss aus: *the hypothesis of the nucleus of the globe being composed of fluid matter, offers a still more simple solution of the phaenomena of volcanic fires, than that, which has been just developed.*

§. 29. *Zweifel gegen den feurigflüssigen Zustand des Erdinnern.*

Obgleich die Hypothese eines Centralfeuers nicht nur die tellurischen Wärme-Erscheinungen, sondern eine Menge anderer geologischen Phänomene auf eine äusserst einfache und ansprechende Weise erklärt, so hat sie dennoch manche Gegner gefunden.

Man hat Anstoss daran genommen, dass die thermometrischen Angaben an einzelnen Puncten statt einer Zunahme eine Abnahme der Temperatur, und überhaupt in manchen Bergwerken eine auffallende Kälte nachgewiesen haben. Das Erstere findet z. B. (nach Reichs Beobachtungen) in gewissen Tiefen des Altenberger Stockwerkes und der Grube

Neue-Hoffnung-Gottes, das Andere in den Gruben des Sauberges bei Ehrenfriedersdorf Statt. Allein jene stellenweise Abnahme der Temperatur findet sich so selten, und trägt so entschieden den Charakter einer localen Ausnahme von der allgemeinen Regel, dass auf sie gar kein Gewicht zu legen ist; auch erscheinen die Anomalien an den beiden angeführten Puncten um so unbedeutender, weil daselbst in grösseren Tiefen dennoch eine Zunahme der Temperatur nachgewiesen wurde. Die Kälte und die Eisbildung in den Gruben des Sauberges aber sind, eben so wie die ähnlichen Erscheinungen in manchen andern Bergwerken und in vielen Höhlen, theils aus der in ihnen alljährlich sehr lange verweilenden kalten Winterluft, theils aus der Verdampfung von Feuchtigkeit zu erklären*).

Ferner hat man auf die Behauptung von Moyle ein grosses Gewicht gelegt, welcher im Jahre 1822 zu beweisen versuchte, dass eine Wärmezunahme in den Bergwerken nur dann Statt finde, wenn solche mit Arbeitern belegt und in vollem Betriebe sind. Diese Behauptung wird aber nicht nur durch manche älteren und neueren Beobachtungen widerlegt, sondern auch dadurch vollends entkräftet, dass sie alle durch die Artesischen Brunnen nachgewiesenen hohen Temperaturen gänzlich unangefochten lassen muss, welchen ohnediess eine stärkere Beweiskraft zugestanden wird, als den Bergwerks-Temperaturen**).

Parrot, welcher gleichfalls als ein Gegner des Centralfeuers aufgetreten ist, entlehnte seine Gründe besonders aus der abnehmenden Temperatur in den Tiefen der Landseen und des Meeres, und glaubte damit alle aus den geothermischen Beobachtungen geschöpften Beweise zu entkräften, indem nach seiner Meinung, bei der Annahme eines Centralfeuers, entweder der Ocean eben so wohl erwärmt werden müsste wie das Land, oder die zweite Hypothese nothwendig werde, dass das Centralfeuer nur unter dem Lande existire***). Nun ist es allerdings erwiesen, dass in den von Süsswasser gebildeten Landseen die Temperatur mit der Tiefe abnimmt bis nahe zu der Temperatur von 4° C., bei welcher das reine Wasser die grösste Dichtigkeit besitzt; eben so

*) Reich, a. a. O. S. 204.

**) Die Abhandlungen von Moyle stehen in *Annals of philosophy*, *new series vol. III, p.* 308 und *vol. V. p.* 43. Schafhäutl, welcher ihnen sehr grosse Wichtigkeit beimisst, meint, dass man sie als höchst unwillkommen zu ignoriren versucht habe, und dass es überhaupt mit dem Feuer im Erdinnern immer schlimmer und schlimmer aussehe. Man vergleiche dagegen Petzholdt Geologie, S. 516.

***) *Bulletin de Férussac*, *Fevr.* 1829, *p.* 122.

haben zahlreiche Beobachtungen gelehrt, dass das Meer in grossen Tiefen eine sehr geringe und meist nur wenig über, bisweilen auch unter 0° stehende Temperatur hat. Allein diese Erscheinungen sind nothwendige Folgen der freien Beweglichkeit der Theile innerhalb jeder Flüssigkeit, so wie der eigenthümlichen Dichtigkeits-Verhältnisse des reinen Wassers und des Meerwassers bei verschiedenen Temperaturen; auch haben schon Klöden und Bischof gezeigt, dass die von Parrot erhobenen Zweifel durchaus keine Berücksichtigung verdienen*). Die Wassermassen der Seen und des Meeres müssen nothwendig nach der Tiefe jene niedrigen Temperaturen zeigen, und haben schon seit Jahrtausenden auf ihren Boden eine erkaltende Einwirkung ausgeübt; während die Oberfläche des Landes der Einwirkung der Sonne ausgesetzt ist, durch welche im Laufe der Zeiten eine, nach Maassgabe der geographischen Breite und anderer klimatischen Bedingungen, mehr oder weniger hohe Mitteltemperatur erzeugt worden ist.

Auch Poisson hat sich entschieden gegen die Hypothese eines Centralfeuers erklärt, welche ihm besonders in jener extravaganten Folgerung einer bis zu zwei Million (?) Graden gesteigerten Temperatur des Mittelpunctes mit Recht anstössig erscheinen musste**). Wir haben jedoch zu Ende des vorhergehenden §. gesehen, wie diese Folgerung aus der Hypothese eines feurigflüssigen Erdinnern durchaus gar nicht abzuleiten ist, und damit wäre denn das hauptsächliche Bedenken Poisson's gehoben. Was nun aber die von ihm selbst aufgestellte Ansicht betrifft, so beruht solche zwar in der Hauptsache gleichfalls auf der Voraussetzung eines ursprünglich feurigflüssigen Zustandes unsers Planeten, nimmt aber noch ausserdem zwei ganz neue Hypothesen zu Hilfe, welche sich schwerlich erweisen lassen dürften; die Hypothese nämlich, dass die Erstarrung dieser feurigflüssigen Kugel vom Mittelpuncte aus begonnen habe, und die Hypothese, dass unser Sonnensystem abwechselnd sehr heisse und sehr kalte Regionen des Weltraumes durchwandere. Da nun aber jene erste Voraussetzung allein zur Erklärung der Erscheinungen vollkommen ausreicht, so verstösst Poisson's Ansicht gegen eine der drei goldenen Regeln der Naturforschung, welche Newton in seinen Principien aufstellte; gegen die Regel nämlich, dass man

*) Klöden, im Jahrbuch für Mineralogie, 1831, S. 385, und Bischof, Wärmelehre, S. 143 ff.

**) *Poisson* in *Théorie mathématique de la chaleur*, so wie in *Ann. de chimie et de physique*, *t.* 59, *p.* 71 und *t.* 64, *p.* 337 *ff.*

zur Erklärung einer Erscheinung nicht mehre Ursachen einführen müsse, als gerade hinreichend sind.

Poisson stellt aller Analogie, wie uns solche die Lavaströme und andere Erscheinungen darbieten, schnurstracks entgegen, die Ansicht auf, dass die Erstarrung nicht von der Oberfläche ausgegangen sei, weil die jedesmal erkalteten Theile in die Tiefe gesunken seien, und der ausserordentlich starke Druck auf die innersten Massen diese weit früher zur Erstarrung disponiren musste. Indem die Erde solchergestalt von innen nach aussen erstarrte, konnte sie nach ihrer völligen Erstarrung schon lange ihre ursprüngliche Wärme verloren haben, so dass die gegenwärtig Statt findende Temperatur-Zunahme in der Tiefe aus einer ganz anderen Ursache zu erklären ist. Unser ganzes Sonnensystem bewegt sich im Laufe der Zeiten durch verschiedene Regionen des Weltraumes. Diese verschiedenen Regionen haben wahrscheinlich sehr verschiedene Temperaturen, und wie alle Körper des Sonnensystems so war natürlich auch die Erde diesen Temperaturwechseln unterworfen. Nehmen wir nun an, dass die Erde vor der gegenwärtigen Periode viele Jahrtausende lang durch sehr heisse Regionen gewandert sei, so werden alle geothermischen Phänomene erklärt. Um diess begreiflich zu machen, wollen wir uns vorstellen, eine sehr grosse Felsmasse aus den Aequatorialregionen werde plötzlich und zwar im Winter in unser Klima versetzt. Da unter dem Aequator die mittlere Erdwärme gegenwärtig 28° C. beträgt, so ist dieser Felsen in seiner ganzen Masse bis auf diese Temperatur durchwärmt; er wird sich daher, in unserer Wintertemperatur angelangt, von der Oberfläche weg abkühlen, und folglich dem Beobachter die Erscheinung einer von aussen nach innen zunehmenden Temperatur darbieten. Unsere Erde befindet sich nun gegenwärtig in diesem Falle. Sie ist eine Masse, welche aus einer sehr heissen Region des Weltraums in eine andere Region gelangte, wo eine sehr niedrige Temperatur herrscht; bei ihren grossen Dimensionen und bei ihrem geringen Wärmeleitungs-Vermögen kann sie nicht sogleich und in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern nur sehr allmälig und von ihrer Oberfläche weg die Temperatur derjenigen Weltraum-Region annehmen, welche sie gerade durchläuft*). Jetzt erscheint uns daher ihre Temperatur zunehmend mit der Tiefe, weil sie, durch eine kalte Region des Weltraums dahinfliegend, von der Oberfläche weg erkaltet ist, im Innern aber noch einen grossen Schatz jener Wärme zurückhält, welche sie bei ihrer früheren Wanderung durch eine heisse Region des Weltraums aufgenommen hatte. Zu anderen Zeiten kann dermaleinst gerade das Gegentheil eintreten, und wenn sie z. B. nach vielen Jahrtausenden bis zu grosser Tiefe abgekühlt sein wird, und dann abermals in eine wärmere Region des Weltraums gelangt, so werden die dann lebenden Physiker vielleicht mit demselben Erstaunen eine Abnahme der Temperatur in den Tiefen der Erde beobachten,

*) Die Temperatur des Weltraums, welche man sonst auf — 50° C. bestimmte, ist jedenfalls noch niedriger, da Cap. Back im Fort Reliance, unter 62° 46′ lat., am 17. Januar 1834, ein Alkohol-Thermometer bis — 56,7° sinken sah. Poggend. Ann. Bd. 38, S. 235. In Jakutsk ist sogar das Minimum von — 58° beobachtet worden. Dove Repertorium der Physik, Bd. 4, S. 172.

wie wir gegenwärtig eine Zunahme derselben erkennen. — Obgleich nun dieser Ansicht eine so grossartige astronomische Weltanschauung zu Grunde liegt, dass man sich in mancher Hinsicht von ihr angezogen fühlt, so beruht sie doch auf ein paar ganz unerweislichen Hypothesen, zu welchen sich noch überdiess die sehr unwahrscheinliche Voraussetzung gesellt, dass die so verschiedentlich temperirten, theils sehr heissen; theils sehr kalten Regionen des Weltraums sehr nahe an einander gränzen; während doch gewiss anzunehmen sein würde, dass sie durch grosse Regionen getrennt sind, innerhalb welcher die eine Temperatur ganz allmälig in die andere übergeht, und bei deren Durchwanderung die Erde Zeit gehabt hätte, ihre Wärme ganz allmälig auszustrahlen.

Noch ist die Ansicht von de la Rive, Lyell u. A. zu erwähnen, derzufolge die zunehmende Temperatur des Erdinnern nicht aus einem Centralfeuer, sondern aus chemischen Processen zu erklären sein soll, welche fortwährend durch elektrische Strömungen im Innern der Erde angeregt werden, und eine Temperatur-Erhöhung zuwege bringen. Allein, wenn auch das Dasein solcher elektrischer Ströme und chemischer Processe nicht abgeläugnet werden kann, so ist doch damit noch nicht bewiesen, dass die Quantität der ersteren hinreichend sei, um die letzteren zu solcher Energie zu steigern, wie es die bedeutenden Temperaturen des Erdinnern erfordern. In den uns erreichbaren Tiefen sind so intensive und so allgemein verbreitete chemische Processe nicht bekannt, aus welchen sich die dort beobachtete Wärme erklären liesse; wenn aber die elektrischen Ströme erst in weit grösseren Tiefen die erforderliche Quantität gewinnen, um sehr energische chemische Processe zu vermitteln, so wäre zunächst die Ursache derselben nachzuweisen, und so kann man mit Poggendorff fragen, welche chemische Processe es denn sind, die innerhalb des starren Erdkörpers ein so allgemeines Phänomen, wie die hohe innere Temperatur, zu erzeugen vermöchten*). Diese elektrochemische Ansicht beruht daher eben so wohl auf einer Hypothese, wie die Lehre vom Centralfeuer, aber auf einer weit complicirteren Hypothese als diese letztere.

§. 30. *Dicke der starren Erdkruste.*

Man hat die Dicke der festen Erdkruste verschiedentlich berechnet, je nachdem man dabei einen grösseren oder kleineren Werth der geothermischen Tiefenstufe, und eine höhere oder niedrigere Temperatur für den Schmelzpunct der Materialien des Erdinnern zu Grunde legte. So

*) Poggend. Ann., Bd. 39, S. 100.

bestimmte z. B. Cordier, unter Annahme der Schmelztemperatur von 100° Wedgw., aus seinen Beobachtungen

bei Carmeaux, 37 geogr. M.
- Littry, 21 - -
- Decise 16 - -

als die Tiefe, wo sich Alles im geschmolzenen Zustande befinden müsse, und schliesst daraus, dass die mittlere Dicke der festen Erdkruste wohl nicht über 14 Meilen betragen könne. Bei dergleichen Berechnungen wurde jedoch immer eine Wärmezunahme nach arithmetischer Progression vorausgesetzt, auch von dem Drucke gänzlich abstrahirt, welchem die tieferen Schichten ausgesetzt sind. Da es nun nach §. 26 höchst wahrscheinlich ist, dass die geothermischen Tiefenstufen in grösseren Tiefen immer grössere Werthe erlangen, so werden sich schon deshalb bedeutendere Werthe für die Dicke der Erdkruste herausstellen. Uebrigens hat die von Cordier geltend gemachte Ansicht sehr viel Wahrscheinlichkeit, dass diese Dicke in verschiedenen Gegenden sehr verschieden ist, und also die Innenfläche der Erdkruste dem flüssigen Kerne stellenweise bedeutende Erhöhungen und Vertiefungen zukehrt. Auch dürfte sich in den Aequatorial-Gegenden, wegen der stärkern Centrifugalkraft und Sonnenwärme, eine geringere Dicke der Erdkruste annehmen lassen, als unter den Polen. Indessen lassen sich, der Natur der Sache nach, über alle diese Verhältnisse nur mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen aufstellen. Dagegen ist aber wohl gewiss anzunehmen, dass zwischen der starren Schale und dem flüssigen Kerne eine neutrale Zone enthalten ist, wo die beiden extremen Zustände durch den Zustand der Erweichung und Zähflüssigkeit ganz allmälig in einander übergehen.

Einen ganz eigenthümlichen Weg zur Lösung des Problems hat W. Hopkins eingeschlagen*). Durch sehr scharfsinnige Untersuchungen über die Nutation der Erdaxe und die Präcession der Nachtgleichen findet er, dass diese beiden Erscheinungen mit verschiedenen Werthen hervortreten müssen, je nachdem die Erde durchaus starr, oder durchaus flüssig, oder aber nach aussen starr und nach innen flüssig ist; in welchem letztern Falle sich wiederum bei verschiedener Dicke der starren Kruste verschiedene Werthe ergeben. Zwar fehlt uns noch zur sicheren Entscheidung hierüber die Kenntniss zweier wichtiger Elemente, nämlich der verdichtenden Wirkung des Druckes und der ausdehnenden

*) *Researches in physical geology*; in den *Philos. trans.*, 1839, *II*, *p*. 311, 1840, *I*, *p*. 193 und 1842, *I*, *p*. 43 *ff*.

Wirkung so hoher Hitzegrade; desungeachtet hat Hopkins eine approximative Beantwortung der Frage zu geben versucht, und das Resultat gewonnen, dass, zufolge der bekannten Werthe der Nutation und Präcession, die Dicke der festen Erdkruste nicht kleiner als $1/5$ oder $1/4$ des Erdhalbmessers sein kann, folglich wenigstens 172 bis 215 geogr. Meilen betragen muss.

Eine solche Dicke der Erdkruste scheint nun zwar in den erforderlichen Verhältnissen zu der Stabilität der äusseren Erdoberfläche zu stehen, aber auch die Möglichkeit einer Communication mit dem Erdinnern fast gänzlich auszuschliessen, wie doch solche durch die Erscheinungen der Vulcane so bestimmt angezeigt wird. Zugleich würde sie auch ein ausserordentliches Wachsthum der geothermischen Tiefenstufen im Innern der Erde beweisen; denn setzen wir z. B. die mittlere Dicke der Erdkruste = 200 Meilen, und die Temperatur des flüssigen Erdinnern = 4000° C., so gäbe diess $1/20$ Meile oder 1142 Fuss für die mittlere Grösse einer Tiefenstufe; daher solche wohl in den innersten Theilen der festen Erdkruste die Länge einer Meile erreichen müsste.

Hopkins ist nun gleichfalls der Ansicht, dass bei so bedeutender Dicke der Erdkruste eine directe Communication zwischen ihrer Oberfläche und dem Erdinnern nicht wohl möglich sei. Um also die Erscheinungen der Vulcane erklären zu können, nimmt er hier und da innerhalb der festen Kruste, jedoch näher gegen die Oberfläche, sehr grosse Höhlungen an, welche mit leichter schmelzbaren, bis auf den heutigen Tag noch flüssig gebliebenen Materialien erfüllt sind, und gleichsam colossale Blasenräume darstellen, die ganze Seen von feurig flüssiger Masse umschliessen. Durch diese Construction gewinnt er allerdings den erforderlichen Apparat, um unter Mitwirkung noch anderer Bedingungen die vulcanischen Erscheinungen überhaupt erklären zu können.

Elie de Beaumont und Andere haben dagegen die Ansicht aufgestellt, dass sich zwischen der festen Kruste und dem flüssigen Kerne Zwischenräume ausbildeten, welche wenigstens in früheren geologischen Perioden partielle Senkungen der Kruste zur Folge hatten, und noch gegenwärtig als die eigentlichen Laboratorien der vulcanischen Thätigkeit zu betrachten sind.

Noch Andere schliessen sich der von Leibniz*) aufgestellten Ansicht an, dass innerhalb der Kruste, während der fortschreitenden Erkal-

*) *Protogaea* §. *IV*, wo es heisst: *postremo credibile est, contrahentem se refrigeratione crustam bullas reliquisse, ingentes pro rei magnitudine, id est, sub vastis fornicibus cavitates.*

tung, durch die innere Contraction der Massen da und dort leere Zwischenräume und Höhlungen von bedeutender Ausdehnung entstanden, etwa so wie sich in gegossenen Metallmassen (selbst in allen Flintenkugeln) und in geschmolzenen Gesteinsmassen während der Abkühlung und Erstarrung kleinere Höhlungen ausbilden.

Viertes Capitel.

Vulcanismus der Erde.

§. 31. *Einleitung; Begriff des Vulcanismus.*

Durch die Lehre von der Wärme des Erdinnern haben wir uns den Weg zur Betrachtung der vulcanischen Erscheinungen gebahnt, dieser gewaltigsten und grossartigsten Kraftäusserungen unsers Planeten, welche mehr als irgend andere tellurische Erscheinungen unser höchstes Interesse zu erregen geeignet sind.

Während das Auftreten zahlloser Ueberreste von Meeresthieren in den Schichten des Festlandes, während die unverkennbarsten Spuren ehemaliger Fluthen und Wasserbedeckungen, und so manche andere Denkmale der Zerstörung und Umgestaltung unsrer Erdoberfläche lange Zeit hindurch fast unbeachtet geblieben sind, so haben dagegen die vulcanischen Erscheinungen in ihrer blendenden Pracht, in ihrer betäubenden, alle Sinne aufregenden Furchtbarkeit und Majestät von jeher die Aufmerksamkeit selbst des rohen Naturmenschen auf sich gezogen. Dieselben Erscheinungen mussten aber auch später das ganz besondere Interesse des Naturforschers in Anspruch nehmen, weil man in ihnen den Schlüssel zur Enträthselung mancher Naturgeheimnisse geboten sah. Und in der That lässt sich behaupten, dass uns keine Classe von Erscheinungen eine tiefere Einsicht in das Innere, und einen weiteren Rückblick in die Vergangenheit unsers Planeten eröffnet, als die Classe der vulcanischen Erscheinungen.

Die Eigenthümlichkeiten der Vulcane sind in ihren allgemeinsten Zügen hinreichend bekannt. Jedermann weiss, dass für sie das Ausstossen von Dampf und Feuer, das Hervorbrechen von geschmolzenen Massen aus dem Innern der Erde vorzüglich charakteristisch sind. Allein diese Eruptions-Erscheinungen bilden nur eine der verschiedenen

Arten, auf welche sich die wunderbare Thätigkeit des Erdinnern zu erkennen giebt. — Die Erdbeben, welche zwar häufig mit vulcanischen Eruptionen vergesellschaftet sind, oft aber auch ohne sie über weite Landstriche Statt finden, erinnern uns an eine zweite, noch weit fürchterlichere und grossartigere Offenbarung derselben Thätigkeit; denn bei ihnen concentrirt sich dieselbe nicht mehr auf einen Punct, nicht blos auf die nächsten Umgebungen eines Berges, sondern sie verbreitet sich über ganze Länder, über halbe Welttheile. — Die Erhebungen und Senkungen des Erdbodens, durch welche die Reliefformen und absoluten Höhen grösserer oder kleinerer Landstriche bleibend verändert wurden, sie mahnen uns an eine dritte und ganz besonders merkwürdige Kraftäusserung des Erdinnern, welche ihre nahe Verwandtschaft mit den Erdbeben und vulcanischen Eruptionen auf den ersten Blick erkennen lässt. — Endlich finden sich noch, ausser den eigentlichen Vulcanen mit ihren Lava-Eruptionen, Schlackenauswürfen und Dampfaushauchungen, in vielen Gegenden der Erde, als die letzten und sehr gemilderten Regungen derselben unterirdischen Thätigkeit die Gasquellen, die Gas- und Schlammvulcane oder Salsen, und die heissen Wasserquellen.

Alle diese Erscheinungen nun wollen wir künftig unter dem Namen der vulcanischen Erscheinungen zusammenfassen, die ihnen zu Grunde liegende gemeinschaftliche Ursache aber mit dem Worte Vulcanismus bezeichnen, welches den Worten Magnetismus, Galvanismus nachgebildet und bereits von Andern in diesem Sinne gebraucht worden ist, obgleich es auch in einer ganz verschiedenen Bedeutung vorkommt*). Unter Vulcanismus verstehen wir daher den Inbegriff aller der aus dem Erdinnern heraufwirkenden Thätigkeiten und Kraftäusserungen, welche in einer Wechselwirkung zwischen dem feurigflüssigen Erdkerne und der starren Erdkruste begründet sind, oder, wie es Humboldt noch kürzer ausdrückt, den Inbegriff aller Reactionen des Innern unsers Planeten gegen seine Rinde und Oberfläche. (Kosmos I, 209).

*) Man bezeichnet nämlich auch mit dem Worte Vulcanismus dasjenige geologische System, welches die Bildung gewisser Gesteine, wie z. B. der Basalte und Porphyre, durch Emportreibung derselben aus dem Erdinnern im feurigflüssigen Zustande erklärt, im Gegensatze zu dem Neptunismus, als demjenigen Systeme, welches dieselben Gesteine als Niederschläge aus dem Wasser betrachtet. Wegen dieser doppelten Bedeutung des Wortes Vulcanismus bedient man sich wohl auch der Worte Vulcanität oder Vulcanicität (Kosmos I, 257) zur Bezeichnung des in Rede stehenden Begriffes.

A. Formale und topische Verhältnisse der Vulcane.

§. 32. *Begriff eines Vulcans; thätige und erloschene Vulcane.*

Bevor wir jedoch zur Betrachtung der mancherlei abyssodynamischen Erscheinungen des Vulcanismus verschreiten, müssen wir einigen allgemeinen Verhältnissen der Vulcane selbst unsere Aufmerksamkeit schenken. Zwar könnte es scheinen, dass wir damit aus dem Gebiete der Abyssologie in das der Chthonographie übergehen. Denn die Vulcane sind ja doch nur Berge, welche bald gross bald klein, bald einzeln bald gruppirt auf der Erdoberfläche vorkommen, und als solche wohl einen Gegenstand der Geognosie der Erdkruste, nicht aber einen Gegenstand der Geognosie des Erdganzen bilden können. Allein nicht die Berge, sondern die unter diesen Bergen arbeitenden Kräfte, und die durch diese Kräfte bewirkten Bewegungen, Erschütterungen und Umwälzungen sind es, welche wir zunächst ins Auge fassen. Diese Kräfte aber haben ihren Sitz weit tiefer in den Eingeweiden der Erde, als man glauben sollte, wenn man die Dimensionen der vulcanischen Berge mit den Dimensionen des ganzen Erdballs vergleicht.

Der Berg selbst ist eben so wenig die Hauptsache bei einem Vulcane, als die Halde die Hauptsache bei einem Schachte; er ist nur der aufgeworfene Rand an dem obersten Ende eines aus grosser Tiefe heraufsteigenden Canals; er gilt uns gewissermaassen nur als ein topographisches Signal für das Vorhandensein eines solchen Canals. Daher werden wir uns auch in diesem Capitel gar nicht mit dem Materiale und mit der Architectur der vulcanischen Berge, und eben so wenig mit den Gesteins- und Structur-Verhältnissen der von ihnen ausgeflossenen Lavaströme beschäftigen, welches Alles in die Lehre von den vulcanischen Formationen zu verweisen ist. An gegenwärtigem Orte haben wir es vorzugsweise, um nicht zu sagen ausschliesslich, mit der Lehre von den vulcanischen Actionen zu thun, welche sich ganz unzweifelhaft als die Aeusserungen einer allgemeinen abyssodynamischen Thätigkeit zu erkennen geben. Diese Actionen lassen sich aber nur dann nach ihrer erstaunlichen Energie und Ausdehnung einigermaassen richtig beurtheilen, wenn wir vorher die Vulcane selbst, als die sichtbaren Endpuncte ihrer Wirksamkeit, nach ihren allgemeinen formalen und topischen Verhältnissen kennen gelernt haben, wodurch wir erst einen sichern Ausgangspunct und Maasstab für unsere ferneren Betrachtungen gewinnen.

Ein Vulcan ist ein Berg, welcher durch einen auf seiner Höhe

ausmündenden Canal mit dem Erdinnern in Verbindung steht, und mancherlei gasigen, flüssigen und festen, besonders aber feurigflüssigen und geschmolzenen Materialien zum Ausgange dient oder doch ehemals gedient hat*). Vulcane, welche noch gegenwärtig Eruptions-Phänomene zeigen, nennt man thätige, solche dagegen, welche seit Menschengedenken keine derartigen Phänomene gezeigt haben, erloschene Vulcane. Diese Unterscheidung hat übrigens eine sehr unsichere Grundlage, daher auch einen sehr geringen Werth, weil die historische Tradition nur einen kleinen Theil der letzten geologischen Periode begreift, ja für manche Gegenden kaum einige Jahrhunderte zurückreicht, und weil auch thätige Vulcane in ihrer Thätigkeit zuweilen pausiren, und während längerer Pausen so gänzlich das Ansehen erloschener Vulcane annehmen können, dass man sie wirklich dafür halten möchte, wenn nicht historische Zeugnisse von früheren Eruptionen vorlägen.

So hat z. B. der Epomeo auf der Insel Ischia seine letzte Eruption im Jahre 1302 gehabt, bei welcher der merkwürdige Lavastrom del Arso gebildet wurde; und es scheint, dass der Vulcan zwischen dieser und der nächst vorausgegangenen Eruption fast 17 Jahrhunderte hindurch eine Periode der Ruhe hatte. Der Vesuv war ehemals seit Menschengedenken bis zum Jahre 79 n. C., so völlig erloschen, dass ihn Plinius gar nicht mit unter den thätigen Vulcanen aufführt; ein grosses, flaches, mit wildem Wein überranktes Bassin, in welchem sich während des Sclavenkrieges Spartacus mit 10,000 Mann lagern konnte, bezeichnete die Stelle des einstigen Kraters, während der äussere Abhang des Berges mit fruchtbaren Feldern bedeckt war, und an seinem Fusse die beiden blühenden Städte Herculanum und Pompeji lagen. Da erfolgte plötzlich im Jahre 79 der fürchterliche Ausbruch, welcher diese Städte vernichtete, die ganze Umgegend verheerte, und dem Berge selbst eine ganz neue Gestalt verlieh. Die Bewegungen dauerten von nun an mehr oder weniger unterbrochen fort; fast jedes Jahrhundert brachte eine grosse Eruption, bis sich mit dem Anfange des 14. Jahrhunderts abermals eine fast dreihundertjährige Periode der Ruhe einstellte. Der Krater erfüllte sich während derselben mit Graswuchs und Gebüsch, Eichen und Kastanienbäume wuchsen in seiner Umgebung, und ein paar Tümpel von heissem Wasser erinnerten allein

*) Man braucht auch häufig das Wort Feuerberg statt des Wortes Vulcan; allein dieser Versuch, ein teutsches Wort an die Stelle des fremden zu setzen, scheint mir nicht nur misslungen in der Art seiner Ausführung, weil das Wort Feuerberg offenbar einen ganz andern Begriff ausdrückt; sondern auch unzweckmässig in seinem Principe, weil es bei wissenschaftlichen Begriffen allemal wünschenswerth ist, wenn sie in allen Sprachen mit demselben Worte bezeichnet werden, und weil das schon längst bei uns einheimisch gewordene Wort Vulcan eben so wohl für thätige als für erloschene Vulcane gilt, welche letztere doch nicht füglich Feuerberge genannt werden können.

an den früheren Zustand des Berges; bis auf einmal im December 1631 die alte Thätigkeit in gesteigertem Maasse erwachte, und sieben Lavaströme zugleich dem neu aufgesprengten Krater entquollen. Eben so soll, nach Dubois de Montpéreux, der seit Strabo's Zeiten erloschene Vulcan Argäus, bei Käsarieh (Cäsarea) an der Nordseite des Taurus, im Jahre 1835 seine Thätigkeit wieder begonnen haben *). Diess wären denn einige Beispiele von einem fast gänzlichen Erlöschen der vulcanischen Thätigkeit, wie solches während sehr langer Perioden der Ruhe eintreten kann; Beispiele, welche es hinreichend beweisen, wie unsicher die Unterscheidung der thätigen und erloschenen Vulcane ist, und wie wenig Bürgschaft der scheinbar erloschene Zustand eines Vulcanes für die beständige Fortdauer dieses Zustandes gewährt.

§. 33. *Formen der Vulcane; Eruptionskegel und Erhebungskegel.*

Dass die Formen und Dimensionen der Vulcane im Laufe der Zeiten mehr oder weniger auffallenden Veränderungen unterworfen sein müssen, ergiebt sich aus der ganzen Natur dieser merkwürdigen Berge, deren Entstehung und Fortbildung als das Werk sehr gewaltsamer Ereignisse und wiederholter Paroxysmen der unterirdischen Thätigkeit zu betrachten ist. Man hat einige Vulcane in Zeit von wenigen Stunden oder Tagen entstehen, und andere nach kurzem Dasein wiederum verschwinden gesehen; die Gipfel der grösseren Vulcane erleiden bald eine Erhöhung durch neue Massenanhäufungen, bald eine Erniedrigung durch Einstürze oder Explosionen, womit denn auch natürlicherweise angemessene Umgestaltungen verbunden sein müssen **). Desungeachtet aber kann man doch einen gewissen allgemeinen Formentypus feststellen, welcher sich mit grösseren oder geringeren Modificationen als der herrschende Normalbau bei den meisten Vulcanen wiederfindet, und etwa in folgenden Zügen skizziren lässt.

Es wurde schon in §. 32 hervorgehoben, dass der schlotartige Canal als der wichtigere Theil der Vulcane zu betrachten ist; er ist gewissermaassen die Esse, für welche der Berg selbst nur den Essenkopf darstellt; er reicht bis in jene unbekannten Tiefen, in welchen der eigentliche Heerd des vulcanischen Processes gesucht werden muss; er bildet gleichsam den Schacht, durch welchen die mancherlei Producte

*) Nach *Bulletin de la soc. géol., t.* 8, *p.* 384. Hamilton, welcher den Berg im Jahre 1837 besuchte, erwähnt jedoch nichts davon. *Trans. of the geol. soc.* 2. *series, vol. V*, *p.* 583 *ff.*

**) Schon Seneca erwähnt die Veränderlichkeit der Höhe des Aetna, indem er den Seefahrern sonst in grösserer Entfernung sichtbar gewesen sei; *Epist.* 79, was auch Aelian bestätigt, *Hist. lib. VIII, cap.* 11.

dieses Processes, als Gase, Dämpfe, lose Auswürflinge und fliessende Lava zu Tage gefördert werden*).

Die obere, trichter- oder kesselförmig erweiterte Mündung dieses Eruptionscanals nennt man den Krater, und dieser Krater ist es daher zunächst, aus welchem die Gase und Dämpfe ausgehaucht, aus welchem die Schlacken und Lapilli ausgeworfen, und nicht selten auch die Lavaströme ergossen werden. Bei den erloschenen Vulcanen ist übrigens der Eruptionscanal verschlossen, und nur noch in seiner oberen Mündung oder dem Krater zu erkennen.

Die Form der meisten Vulcane ist die eines mehr oder weniger stark abgestumpften Kegels, dessen Aufsteigungswinkel zwischen 18 und 37°, gewöhnlich 28 bis 32° zu betragen pflegt, und auf dessen Gipfel der Krater eingesenkt ist. Ist der Durchmesser des Kraters sehr klein gegen die übrigen Dimensionen des Berges, so erscheint der letztere wie ein vollständiger Kegel; so z. B. der Cotopaxi in Quito, der Antuco in Chile, der Pic de Teyde auf Teneriffa. Sobald aber der Krater einige Ausdehnung erreicht, so tritt die abgestumpfte Kegelform hervor, welche auch im Allgemeinen als die herrschende Form der Vulcane zu betrachten ist.

Die meisten kleineren Vulcane sind wesentlich gar nichts Anderes, als Haufwerke von losen Schlacken, Lapilli und vulcanischem Sande, welche rund um die Mündung des Eruptionscanals zu einem, gewöhnlich sehr regelmässig gestalteten Kegelberge aufgeschüttet wurden, in welchem ein eben so regelmässiger Krater eingesenkt ist. Man hat die so gebildeten Vulcane Eruptionskegel und ihre Kratere Eruptionskratere genannt, weil zu ihrer Bildung gar keine andere abyssodynamische Thätigkeit erfordert wurde, als die jener explosiven Kräfte, durch welche die genannten losen Materialien ausgeschleudert worden sind**).

Es ist wohl mit Recht anzunehmen, dass alle und selbst die grössten Vulcane der Erde auf solche Weise ihren ersten Anfang genommen haben, und man könnte daher diese einfachste Form der vulcanischen Berge gleichsam als die embryonische Form aller Vulcane betrachten. Unzählige kleinere Vulcane sind gar nicht aus diesem ersten Stadio der Entwicklung herausgetreten, indem sie höchstens noch einen oder einige Lavaströme ergossen haben, um dann auf immer zu verlöschen. Sie

*) Wie schon Seneca sehr richtig vom vulcanischen Feuer sagte: *in ipso monte non alimentum habet, sed viam.*

**) Man hat sie auch sehr passend Aufschüttungskegel oder Aufschüttungskratere genannt; Cotta Grundriss der Geognosie, S. 74. Studer Lehrbuch, S. 281.

bilden also eine sehr einfache Erscheinung, welche gar häufig nur durch einen einmaligen Act der vulcanischen Thätigkeit zur Ausbildung gelangt ist.

Andere Vulcane dagegen, und man kann wohl sagen die meisten grösseren Vulcane, erlangten eine weit vollständigere Entwicklung, indem sich die Paroxysmen der vulcanischen Thätigkeit durch lange Zeiten vielfach und in immer gesteigertem Maasse wiederholten, so dass um den anfänglich gebildeten Eruptionskegel ganze Systeme von über einander liegenden Lavaströmen und Lavadecken mit dazwischen eingeschalteten Schichten von losen Auswürflingen zur Ablagerung kamen. Bei solchen Vulcanen musste später, ausser der explosiven und eruptiven Thätigkeit, auch noch ein eigenthümlicher Mechanismus centraler Erhebung in Wirksamkeit treten, durch welchen das ganze System der um den Eruptionscanal abgelagerten Massen allmälig aufwärts gedrängt und zu einem gewaltigen kegelförmigen oder kuppelförmigen Berge erhoben wurde, in dessen Mitte sich ein Krater von ganz anderer Natur und von gewöhnlich weit grössern Dimensionen ausbildete, als man solche bei den Eruptionskrateren findet. Solche Kratere hat Leopold v. Buch Erhebungskratere genannt, und die Berge, in deren Mitte sie eingesenkt sind, müssen als Erhebungskegel von den blosen Eruptionskegeln unterschieden werden.

Innerhalb der so gebildeten Erhebungskratere hat sich nun bisweilen das Spiel der vulcanischen Thätigkeit fortgesetzt, und dann entstand in der Mitte derselben ein neuer, oft recht bedeutender Eruptionskegel, welcher von dem Rande des Erhebungskraters, wenn solcher noch vollständig erhalten ist, wie von einem kreisförmigen oder elliptischen Walle umgeben wird, und daher wie in einem Kesselthale, wie in einem mehr oder weniger geschlossenen Circus gelegen ist. Sehr häufig aber bahnten sich die vulcanischen Kräfte neue Auswege, bald hier bald dort am Abhange und Fusse des Berges, wodurch eine Menge kleiner Eruptionskegel gebildet wurden.

Die mit einem Erhebungskrater verbundenen Vulcane bilden daher eine weit zusammengesetztere und grossartigere Erscheinung, als die einfachen Eruptionsvulcane, und man kann in der Regel von allen grössern, vollständig entwickelten Vulcanen annehmen, dass in ihnen ein Erhebungskegel mit einem Eruptionskegel combinirt ist, von welchen der erstere den eigentlichen Hauptkörper des ganzen Berges ausmacht. Einige Vulcane, wie z. B. sehr ausgezeichnet der Aetna, lassen auf eine etwas andere Weise in ihrer Totalform gleichfalls zwei Kegel unterscheiden, indem ein kleinerer spitzerer Kegel auf dem flach abgestumpften Gipfel

eines grösseren flacheren Kegels aufruht. Auch diese Erscheinung hat nach Elie de Beaumont ihren Grund in der Combination eines Eruptionskegels mit einem Erhebungskegel.

§. 34. *Dimensionen der Vulcane und Kratere.*

Die Höhe ist noch nicht bei allen Vulcanen durch ganz genaue Messungen ermittelt worden; sie ist ausserordentlich verschieden und kann selbst bei einem und demselben Vulcane zu verschiedenen Zeiten mit verschiedenen Werthen hervortreten*). Indessen dürfte bei allen solchen Höhenbestimmungen zunächst nur die eigenthümliche oder individuelle Höhe, d. h. die Höhe vom Fusse bis zu dem Gipfel des eigentlichen Vulcans zu berücksichtigen sein. Denn viele Vulcane, wie z. B. jene in Südamerika und in Mexico, liegen auf dem Rücken hoher Gebirge oder Plateaus, und ragen daher mit ihrem Gipfel weit höher über den Meeresspiegel als über ihre eigentliche Grundfläche auf. Andere erheben sich aus dem Grunde des Meeres, und steigen daher weit weniger über den Meeresspiegel auf, als über ihre eigentliche Basis. Die absolute Höhe der Vulcane, oder die Höhe ihres Gipfels über dem Meeresspiegel, gewährt uns daher keinen bestimmten Maasstab für die Grösse ihrer eigentlichen Erscheinung, welche sich nur durch ihre eigenthümliche Höhe ermessen lässt. Dagegen ist die absolute Höhe der Vulcane in anderer Hinsicht ein sehr wichtiges Element, welches auf den Mechanismus und die Art und Weise ihrer Eruptionen einen wesentlichen Einfluss ausübt.

Als einer der kleinsten thätigen Vulcane wird gewöhnlich der Koosima, am westlichen Eingange der Sangarstrasse zwischen Niphon und Jeso, aufgeführt, welcher nach Horner nicht mehr als 696 F. hoch über das Meer aufsteigt, aber freilich nur in seinem sichtbaren Theile so klein erscheint. Der Stromboli hat 2775, der Vesuv 3600, der Aetna 10200, der Pic von Teneriffa 11400, der Cotopaxi in Quito 17900 P. F. absolute Höhe; doch liegt dieser letztere auf dem 9000 F. hohen Plateau von Quito, daher seine eigenthümliche Höhe noch unter 9000 F. beträgt. Berücksichtigt man nur

*) Die Höhe des Vesuv z. B. bestimmte sich
im Jahre 1749 nach Nollet. . . = 3120 P. F.
- - 1822 (vor dem Einsturze) = 3830 - -
- - 1832 nach Hoffmann . = 3640 - -
- - 1846 nach trigon. Messung = 3700 - -

Die Höhe des Aetna fanden Smyth und Herschel vor dem Jahr 1832 = 10200 P. F., 1819 bestimmte sie Schouw zu 10340 F., und 1834 betrug sie nur 10160 F.

diese Höhe, so möchte wohl der höchste unter allen bekannten Vulcanen der Kliutschewskaja-Sopka in Kamtschatka sein, welcher nach Erman fast unmittelbar vom Meeresspiegel aus bis zu 14790 F. aufragt, und selbst die beiden absolut höchsten Vulcane, den Vulcan von Gualatieri in Bolivia und den Vulcan Aconcagua in Chile übertreffen dürfte, von denen jener 20600, dieser sogar 21770 P. F. Höhe erreicht*).

Die grösseren Vulcane und überhaupt alle nur einigermaassen entwickelte Vulcane sind auf ihren Abhängen hier und da mit kleineren Eruptionskegeln besetzt, welche zuweilen recht ansehnliche Dimensionen erreichen können, und theils sporadisch auftreten, theils gruppenweise oder reihenweise vertheilt sind. So finden sich auf den Abhängen des unteren Aetnakegels nach Sartorius von Waltershausen nicht weniger als 700 solcher secundärer Kratere oder Eruptionskegel, von denen viele als bedeutende Hügel, einige aber als förmliche Berge aufragen; wie denn z. B. der eine Monte Rosso bei Nicolosi 420, und der M. Minardo bei Bronte über 700 F. hoch ist. Da ein jeder solcher accessorischer oder parasitischer Kegel seinen besondern Krater hat, so ist bei allen grösseren Vulcanen der eigentliche Hauptkrater, als der Centralpunct und wahre Brennpunct ihrer gewöhnlichen Thätigkeit, von diesen kleineren Nebenkrateren wohl zu unterscheiden, welche übrigens in der Regel als gänzlich erloschene Kratere erscheinen.

Der Hauptkrater liegt gewöhnlich auf dem Gipfel des Berges, bisweilen aber auch auf dem Abhange desselben. Einige Vulcane besitzen zwei getrennte Hauptkratere, wie z. B. der Mauna-Roa auf Hawai und der Pic von Teneriffa, dessen grösster Krater Chahorra 2000 F. unter dem Gipfel auf dem westlichen Abhange liegt. Dagegen giebt es auch vulcanische Berge, welche gar keinen thätigen Hauptkrater haben, obgleich sie übrigens alle Eigenschaften der Vulcane zeigen; ihre Ausbrüche erfolgen blos aus Spalten, welche sich am Abhange öffnen, und über denen sich kleine Eruptionskegel bilden.

An jedem Krater unterscheidet man den Kraterrand, die Kraterwände und den Kraterboden, in welchem letzteren der Kraterschlund oder auch mehre Schlünde, als die sichtbaren Theile des Erup-

*) Fitzroy und Darwin erklären den Aconcagua ausdrücklich für einen Vulcan, während Miers ihn nicht dafür halten will, sondern der Ansicht ist, dass er nur seiner kegelförmigen Gestalt und seines hohen Aufragens wegen den Namen eines Vulcans erhalten habe. Pöppig erwähnt ihn gleichfalls nicht als einen Vulcan. Lütke bestimmte die Höhe des Kliutschewsker Vulcans sogar auf 15480 F.; indessen ist wohl Ermans Messung zuverlässiger.

tionscanales, geöffnet sind. Der Kraterrand ist bisweilen sehr schmal, meist unregelmässig auf- und niedersteigend, so dass einzelne Stellen weit höher liegen als andere, selten ganz regelmässig verlaufend, oft ausgeschnitten oder durchbrochen. Die Kraterwände fallen steil ab, nähern sich zuweilen der senkrechten Lage und haben gewöhnlich ein äusserst zerrissenes, zerklüftetes und wildes Ansehen. Der Kraterboden ist selten eben und regelmässig, gewöhnlich mit Schlackenhügeln besetzt, von Spalten durchrissen, von Schlünden und Abgründen durchbohrt, überhaupt aber bei thätigen Vulcanen von einer sehr veränderlichen Form und Beschaffenheit. Einige, wenn auch nicht erloschene, so doch pausirende Vulcane auf Java zeigen einen ganz ebenen, aus vulcanischer Asche bestehenden Kraterboden; so z. B. nach Junghuhn der Tankuban-Prahu, dessen Krater 3000 F., und, in noch weit auffallenderer Weise, der Gunong-Tingger, dessen Krater über $\frac{4}{5}$ geogr. Meile im Durchmesser hat*).

Die allgemeine Form der Kratere ist die eines runden oder elliptisch verlängerten Kessels**); ihre Grösse ist sehr verschieden, und steht keineswegs immer in einem bestimmten Verhältnisse zu der Grösse des Berges, so dass kleinere Vulcane verhältnissmässig grosse, und grössere Vulcane verhältnissmässig kleine Kratere haben können. Die Tiefe der Kratere ist gleichfalls sehr verschieden, im Allgemeinen aber äusserst veränderlich und von dem jedesmaligen Zustande des Vulcans abhängig. Die Dimensionen einiger Kratere sind aus folgender Tabelle zu ersehen:

*) Junghuhn, Topographische und naturwissenschaftliche Reisen durch Java, 1845. Von dem letzteren Krater sagt er S. 369: »Keine Beschreibung kann das Eigenthümliche seines Anblicks wiedergeben; ein Meilen langes unabsehbares Sandmeer, auf dessen söhliger Fläche wirbelnde Staubwolken dahintreiben; schroffe, wüst durchfurchte Kegelberge in diesem Meere; vulcanische Schlünde, die sich von den Gipfeln dieser Kegel in geheimnissvolle Tiefe stürzen, und rings um diese Wüste, diesen Schauplatz schrecklicher Verödung begränzend, hohe Bergrücken mit Casuarinenwäldern bedeckt.« Aylva-Rengers beschreibt den Krater gleichfalls als eine Aschen-Ebene, die fast wie ein gefrorner See erscheint.

**) Als ein paar durch ihre regelmässige Form ganz vorzüglich ausgezeichnete Kratere sind der Krater des Vulcans der Insel St. Eustatius (des nördlichsten Vulcans der kleinen Antillen), so wie der niedliche Krater des kleinen Puy de Dôme in Centralfrankreich zu erwähnen, von denen jener den Namen Punchbowl, dieser den Namen Nid de la Poule erhalten hat. Die einfachen Eruptionskegel sind überhaupt häufig mit sehr regelmässig gestalteten Krateren versehen. So z. B. auch der Puy de Pariou, neben dem Puy de Dôme, dessen grosser Krater so rund und vollkommen ist, als wäre er auf einer Form gedreht worden. L. v. Buch, Geognostische Beob. auf Reisen u. s. w. II, S. 239.

Name des Vulcans.	absolute Höhe desselben.	grösster Durchmesser des Kraters.	Tiefe desselben.	Beobachter.
Volcano, Liparische Insel.	1224 F.	3000 F.	600 F.	Hoffmann.
Stromboli, Lipar. Insel.	2775 -	2000 -	—	Hoffmann.
Vesuv bei Neapel.	3600 -	1870 -	—	Hoffmann.
		2300 -	—	Dufrénoy.
Kirauea auf Hawai.	3650 -	¾ Meile.	1000 -	Wilkes.
Aetna auf Sicilien.	10200 -	1500 F.	—	Elie de Beaumont.
Pic von Teneriffa.	11400 -	600 -	120 -	Berthelot.
Mauna-Roa auf Hawai.	12690 -	⅖ Meile.	1200 -	Douglas.
Toluca in Mexico.	14220 -	3000 -	1150 -	Burkart.
Klutschewskaja-Sopka.	14790 -	2220 -	—	Erman.
Popocatepetl in Mexico.	16626 -	5000 -	1000 -	v. Gerolt.
Pichincha bei Quito.	17650 -	5000 -	1500 -	v. Humboldt.

§. 35. *Lage der Vulcane in Bezug auf Land und Meer.*

Die geographische Stellung der Vulcane überhaupt, vorzüglich aber die Gruppirung derselben sind ein paar Verhältnisse von weit grösserer Wichtigkeit, als man auf den ersten Blick glauben möchte, indem sie uns über gewisse Gesetze und über die Einheit der Ursache des Vulcanismus, zugleich aber auch über die grosse Tiefe und über die Allgegenwart des vulcanischen Heerdes unterhalb der Erdkruste belehren.

Es ist eine schon lange als bedeutsam erkannte und selbst bei den verschiedenen Theorien des Vulcanismus vielfach berücksichtigte Erscheinung, dass die meisten thätigen Vulcane entweder auf Inseln, oder doch nahe an den Küsten der Continente gelegen sind. Diese Stellung ist in der That so gewöhnlich, dass man sie als eine fast allgemein giltige Regel betrachten, und die thätigen Vulcane überhaupt gewissermaassen als paralische, d. h. an die Meeresküsten gebundene Phänomene bezeichnen möchte. Zwar finden sich einige Ausnahmen; wie denn z. B. der Popocatepetl in Mexico 33, der (östlich von den Quellen des Magdalenenflusses gelegene) Vulcan de la Fragua 39, und der Ararat*)

*) Welcher im Jahre 1840 eine Seiten-Eruption zeigte, und an welchem Obsidianströme bekannt sind, während sein Gipfel nach Abich aus Andesit besteht. Noch tiefer landeinwärts erhebt sich der, schon früher vom Missionär Havestadt besuchte, und später von Pöppig vom Gipfel des Antuco aus gesehene Vulcan Punmahuidda, im Lande der Pehuenchen, welcher nach Pöppig 52 Leguas ONO. vom Antuco liegt, der doch selbst schon 28 Meilen vom Meere entfernt ist.

40 geogr. Meilen vom nächsten Meere entfernt ist; wenn aber die Anwendbarkeit des Ausdrucks „mediterran" doch gewiss eine Entfernung von 30 Meilen vom Meere erfordert, so kann man wenigstens behaupten, dass es nur sehr wenige mediterrane Vulcane giebt.

Merkwürdig ist es, dass gerade Asien, als das grösste Continent, die auffallendsten Ausnahmen von dieser Regel aufzuweisen hat, wenn anders die von Klaproth, Abel-Rémusat, Neumann und Stanislaus Julien aus Chinesischen und Japanischen Schriften geschöpften Nachrichten auf wirkliche Vulcane bezogen werden können. Dort soll im Thian-Schan, also in der innersten Gebirgskette (und zwar im mittleren Theile derselben, folglich recht eigentlich im Herzen Asiens) unter 42° 30′ nördl. Breite und fast genau im Meridian des Dhawalagiri, der lavaspeiende Vulcan Peschan, und, etwa 100 Meilen weiter östlich bei Turfan, der gleichfalls noch brennende Vulcan Hotscheou, sowie zwischen beiden die Solfatara von Urumtsi liegen*). Da die frühere Voraussetzung eines Vulcans auf der Insel Aral-tübé, im See Alakul in der Dsungarischen Kirgisensteppe, später von Schrenk widerlegt worden ist**), so hat man die wirklich vulcanische Natur aller dieser binnenasiatischen Vulcane, deren Kenntniss freilich nur auf historischen Urkunden und nicht auf wissenschaftlichen Beobachtungen beruht, in Zweifel ziehen und sie für brennende Berge der dort vorhandenen Steinkohlenformation erklären wollen***). Wenn aber manche specielle Angaben der chinesischen Quellen kaum eine andere, als die von Humboldt adoptirte Deutung zulassen, so würde es in Central-Asien wirkliche Vulcane geben, welche über 300 Meilen von den nächsten Küsten des Indischen Meeres und 360 Meilen vom Obischen Meerbusen entfernt sind, und überhaupt so tief im Binnen-

*) Central-Asien von Humboldt, übers. von Mahlmann, Bd. I., S. 375 u. 381 ff. und Kosmos, I, S. 254. Auch im Kuenlun scheint, nach einer von Stanislaus Julien aufgefundenen Notiz, ein Vulcan zu liegen; Central-Asien, I, 605.

**) Schrenk war zwei Mal am See Alakul, und hat beide Inseln Araltübé untersucht, ohne etwas Anderes als Thonschiefer und Porphyr zu finden. Vergl. Bär und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russ. Reichs, Bd. VII, 314 f. Ermans Archiv, 1842, S. 400, und Central-Asien, I, 643.

***) *Bulletin de la soc. géol. 2. série, I,* 268. Alle die genannten Berge liefern seit Jahrhunderten ausserordentlich viel Salmiak. Wenn nun wirklich das Vorkommen dieses Salzes bei Vulcanen lediglich darin begründet wäre, dass Lavaströme Gebüsche, Wiesen, Felder, überhaupt mit Vegetation bedeckte Flächen überfluthen, so müsste allerdings die fortwährende und äusserst reichliche Salmiakgewinnung an jenen Vulcanen auffallen, von welchen doch über wirkliche Lava-Eruptionen nur wenig berichtet wird.

lande liegen, als diess nur bei der gegenwärtigen Vertheilung von Wasser und Land möglich ist.

Das früher vermuthete Vorkommen eines thätigen Vulcans im Innern Africas, nämlich des Gebel-Koldagi in Kordofan, 112 Meilen vom rothen Meere, ist später von Rüppell geläugnet und von Russegger nicht bestätigt worden. Mit Ausnahme der Vulcane Central-Asiens liegen also die meisten thätigen Vulcane theils auf Inseln, theils nicht sehr weit entfernt von den Küsten des Meeres oder grosser Landseen, welches letztere z. B. mit dem Demavend südlich vom Caspisee der Fall ist.

Diese auffallende Position der Vulcane musste natürlich die Ansicht veranlassen, dass die Thätigkeit derselben auf irgend eine Weise durch die Mitwirkung des Wassers bedingt werde; eine Ansicht, welche auch in andern Erscheinungen ihre Bestätigung findet, daher wir solcher schon vorläufig eine grosse Wahrscheinlichkeit zugestehen müssen, ohne jedoch damit behaupten zu wollen, dass ohne Zutritt des Wassers gar keine vulcanischen Phänomene möglich seien. Vielmehr mag die paralische oder littorale Lage der meisten Vulcane auch noch in der zweiten Ursache begründet sein, dass besonders häufig in der Nähe der Küsten jene grossen, in das Erdinnere reichenden Spalten hinlaufen, deren offene Stellen die eigentlichen Eruptionscanäle der Vulcane bilden. Wir werden später sehen, dass das Festland grösstentheils erhobener Meeresgrund ist. Wenn aber ein Theil des Meeresgrundes vielleicht mehre tausend Fuss hoch über dem Meeresspiegel hinaufgedrängt und in Land verwandelt wurde, während der angränzende Theil in der Tiefe zurückblieb, so lässt sich eine solche Bewegung durchaus nicht ohne die Voraussetzung denken, dass die Erdkruste vorher bis zu sehr grosser Tiefe gespalten wurde, worauf erst der an der einen Seite der Spalte anliegende Theil neben dem andern in die Höhe gedrängt werden konnte. Wo also hohes Land oder Gebirgsketten längs eines Littorals hinlaufen, da sind auch in der Regel gleichmässig verlaufende Fracturen der Erdkruste vorauszusetzen, welche hier und da, unter günstigen Umständen, den Materialien des vulcanischen Heerdes permanente Ausgänge verschaffen und somit die Entstehung von Vulcanen bedingen konnten.

§. 36. *Vulcanreihen und Vulcangruppen.*

Für die so eben ausgesprochene und besonders von L. v. Buch geltend gemachte Ansicht, dass die Vulcane auf Spalten der Erdkruste zur Ausbildung gekommen sind, finden wir einen sehr ansprechenden Beweis in dem vorwaltenden Gesetze ihrer Gruppirung.

Zwar giebt es einige Vulcane, welche so isolirt auftreten, dass man sie als Einzelvulcane betrachten möchte, weil weit und breit in ihrer Umgebung keine anderen Vulcane nachzuweisen sind, mit denen sie in räumliche Beziehung gebracht werden könnten. Allein bei weitem die

meisten Vulcane verweisen uns auf eine sehr bestimmte räumliche Verknüpfung, indem gewöhnlich in einem und demselben Landstriche mehre, und oft sehr viele Vulcane zugleich angetroffen werden. Die Vulcane bilden also in der Regel keine isolirten, sondern aggregirte Erscheinungen.

Leopold von Buch hat die Gesetze ihrer Aggregation auf zwei bestimmte Formen zurückgeführt*), indem er Reihenvulcane und Centralvulcane unterscheidet, wofür sich auch die Ausdrücke Vulcanreihen und Vulcangruppen gebrauchen lassen. Die reihenförmigen Systeme zeigen eine Vertheilung der zu ihnen gehörigen Vulcane längs einer Linie von meist ziemlich geradem Verlaufe; in den gruppenförmigen Systemen dagegen sind mehre Vulcane entweder um einen grösseren Vulcan, gleichsam wie um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct, oder auch ohne irgend eine erkennbare Regel zu einem mehr zusammengehaltenen Aggregate verbunden. Vulcangruppen sind aber im Allgemeinen weit seltener als Vulcanreihen, und wir haben daher unsere Aufmerksamkeit besonders diesen letzteren zu widmen.

Vulcanreihen sind also Inbegriff einer grösseren Anzahl von Vulcanen, welche in einer und derselben Linie hinter einander liegen, so dass die einzelnen durch grössere oder kleinere Zwischenräume von einander getrennt werden. Diese vulcanischen Reihen haben gewöhnlich einen geradlinigen oder doch nur wenig gekrümmten und undulirten Verlauf, eine verschiedene aber oft sehr bedeutende Länge, und sehr verschiedene Intervalle. Die beiden Vulcanreihen von Chile und Mexico z. B. sind durch ihre gerade Richtung ausgezeichnet; die erstere ist vom Yanteles bis zum Aconcagua 165, die zweite vom Colima bis zum Tuxtla 119 Meilen lang, und jene hält ungefähr 24, diese nur 7 Vulcane, von denen zwei dicht beisammen liegen, so dass die mittlere Grösse des Intervalls zwischen je zwei Vulcanen in Chile 7, in Mexico 20 Meilen beträgt.

Die Vulcanreihen erscheinen entweder als einfache, oder als doppelte (selten als dreifache) Reihen ausgebildet. In dem letzteren Falle ziehen die Vulcane in zwei (oder drei) ungefähr parallelen Linien, von gleicher oder ungleicher Länge hin, zwischen welchen bisweilen durch kurze Quer-Reihen, oder auch durch einzeln gelagerte Vulcane eine Art von Verbindung hergestellt wird. So sind z. B. die Vulcane des Hochlandes von Quito, die des westlichen Theils der Insel Java und

*) Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln, 1825, S. 326 ff.

die erloschenen Vulcane bei Clermont in Frankreich in zwei, die Vulcane der Halbinsel Kamtschatka, wenn wir die erloschenen mit berücksichtigen, in drei parallelen Reihen geordnet.

Zuweilen fällt eine Vulcanreihe in die verlängerte Richtung einer oder auch mehrer anderen Reihen, so dass eine jede gleichsam die Fortsetzung der übrigen bildet, und alle auf ein gemeinschaftliches grösseres Reihensystem verweisen, dessen einzelne Reihen durch mehr oder weniger lange vulcanfreie Landstriche abgesondert werden. Dies ist z. B. der Fall mit den drei grossen Südamerikanischen Vulcanreihen von Chile, Bolivia und Quito, von welchen die beiden ersteren, vom Aconcagua bis zum Vulcan von Atacama, durch einen Zwischenraum von 160, die beiden anderen, vom Chuquibamba bis zum Sangay, durch einen Zwischenraum von 225 Meilen getrennt werden, während alle drei in ihrer Vereinigung den Verlauf der Westküste Südamerikas bestimmen, und auf eine grosse vulcanische Linie von nicht weniger als 740 Meilen Länge verweisen, in welcher jedoch die vulcanische Thätigkeit nicht überall zu Tage austritt*).

Noch häufiger schliessen sich zwei oder mehre Vulcanreihen unmittelbar an einander an, indem sie einerseits mit ihren Enden fast zusammenstossen und entweder in dieselbe Richtungslinie fallen, oder einen stumpfen Winkel bilden; wie z. B. die Reihen Kamtschatkas und der Kurilen, Aläskas und der Aleuten, Sumatras und Javas.

Die Vulcangruppen finden sich besonders auf gewissen haufenförmigen Inselgruppen theils des grossen Oceans, theils anderer Regionen des Meeres. Zu den ersteren gehören z. B. die Sandwichinseln, die Galapagosinseln und die Societätsinseln; zu dem letzteren die Canarischen und Capverdischen Inseln. Da uns die Tiefen des Oceans unbekannt sind, in welchen viele Gruppen erloschener Vulcane verborgen sein mögen, so könnten wohl mehre der bekannten Vulcangruppen nur einzelne sichtbare Theile von grösseren reihenförmigen Systemen sein, wenn sie auch nach ihrer unmittelbaren Erscheinungsweise nicht dafür zu erkennen sind. Die wirklichen Vulcangruppen haben sich vielleicht auf den Kreuzungspuncten zweier oder mehrer Spalten ausgebildet, welche nur an verschiedenen Stellen in der Nähe dieser Puncte permanente

*) Indessen wäre es nicht unmöglich, dass auch in den beiden grossen Zwischenräumen doch noch einzelne wenn auch erloschene Vulcane existiren, weil sie gerade zu den weniger erforschten Regionen der Andeskette gehören. Ueberhaupt dürften bei einer allgemeinen Uebersicht der vulcanischen Erscheinungen die erloschenen Vulcane wesentlich mit zu berücksichtigen sein.

Eruptionscanäle zur Entwicklung brachten, in ihrem weitern Verlaufe aber gänzlich geschlossen blieben*).

Was endlich die Einzelvulcane betrifft, welche gleichfalls meistentheils ein insulanes Vorkommen zeigen und mit zu Leopold v. Buchs Centralvulcanen gehören, so gilt von ihnen theils dasselbe, was von den Vulcangruppen gesagt wurde, indem sie nur sporadisch auftauchende Vulcane einer ganz unsichtbaren oder auch weiterhin irgendwo sichtbar hervortretenden Vulcanreihe sind; theils können sie wirklich einem einzelnen Eruptionscanale entsprechen, der sich auf einer kürzern Spalte allein entwickelt hat**).

Nachdem wir die für die ganze Theorie des Vulcanismus so bedeutsamen topischen Verhältnisse der Vulcane im Allgemeinen kennen gelernt haben, müssen wir noch ihr besonderes Vorkommen auf der Erdoberfläche etwas genauer in Betrachtung ziehen***).

§. 37. *Vulcanische Gegenden in Europa.*

Europa ist arm an thätigen Vulcanen, sobald wir Island und Jan Mayen, wie dies naturgemäss scheint, als zu Grönland gehörige Inseln betrachten. Die ganze vulcanische Thätigkeit im engeren Sinne des Wortes beschränkt sich dermalen auf einige Inseln und Küstengegenden

*) Diese Ansicht hat Fr. Hoffmann für die Gruppe der Liparischen Inseln geltend gemacht; Poggend. Annalen, Bd. 26, 1832, S. 81 ff. Auch Darwin glaubt, dass die Vulcangruppen auf den Kreuzungspuncten zweier einzelnen Spalten oder auch zweier Systeme von kurzen und parallelen Spalten entstanden sein mögen. *Geol. Observ. on the volcanic Islands,* 1844, *p.* 126.

**) Diess ist auch die Ansicht von Ch. Deville; nach *d'Archiac, Histoire des progrès de la géologie, I, p.* 579.

***) Wegen dieser Topographie der Vulcane verweisen wir auf die trefflichen Charten von Berghaus Physikalischem Atlas und auf v. Leonhards Vulcanen-Atlas. Die geographische Vertheilung der Vulcane ist schon früher unter anderen in folgenden Werken behandelt worden: *Ordinaire Histoire naturelle des volcans*, *Paris* 1802; Sickler, Ideen zu einem vulcanischen Erdglobus, Weimar 1812; Breislak, Lehrbuch der Geologie, übers. von v. Strombeck, Band III, 1821, S. 506 ff. und v. Hoff, Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, II. Theil, 1824. Eine sehr vollständige und kritische Zusammenstellung gab Leopold v. Buch in seiner Physikalischen Beschreibung der Canarischen Inseln, S. 328 ff. und nach ihm Berghaus in der Allgemeinen Länder- und Völkerkunde, Band II, S. 695 ff. Endlich hat v. Leonhard in seinen Populären Vorlesungen über Geologie, Band V, S. 188 ff. eine eben so lehrreiche als unterhaltende Schilderung der wichtigsten Vulcane gegeben.

des Mittelländischen Meeres, welche wir als die vulcanischen Gebiete Siciliens, Neapels und Griechenlands bezeichnen wollen.

Vulcanisches Gebiet Siciliens.

Als der bedeutendste unter allen Europäischen Vulcanen ragt der Aetna, an der Ostküste Siciliens auf. Er ist ganz entschieden ein zusammengesetzter Vulcan, in welchem sich ein mächtiger, sanft ansteigender Erhebungskegel unterscheiden lässt, auf dessen fast ebenem 9100 F. hohen Gipfel, dem Piano del Lago, der eigentliche, unter 25 bis 35° ansteigende und 1100 F. hohe Eruptionskegel aufgesetzt ist, während auf den Abhängen und am Fusse des grösseren Kegels eine Menge kleiner Eruptionskegel vertheilt sind. Die Totalhöhe des Berges beträgt also 10200 F. Auf seinem östlichen Abhange ist ein weites und tiefes, langgestrecktes Halbkesselthal, das Val del Bove eingesenkt, dessen schroffe Wände die Architektur des Erhebungskegels sehr deutlich erkennen lassen.

Nördlich von Sicilien liegt die Gruppe der Liparischen Inseln, welche folgende, theils thätige theils erloschene Vulcane enthält:

Stromboli, die nördlichste Insel mit dem 2770 F. hohen, fortwährend dampfenden und Lava ergiessenden Berge gleiches Namens, in welchem sehr deutlich ein Erhebungskegel und ein, innerhalb des Kraters desselben liegender Eruptionskegel zu unterscheiden sind.

Lipari, die grösste Insel, mit dem 1600 F. hohen Monte S. Angelo in der Mitte, dem 1200 F. hohen M. Guardia im Süden, und dem M. Campobianco im Norden, dessen prächtiger, von schneeweissen Wänden eingefasster und mit Weingärten erfüllter Krater 3000 F. im Durchmesser hat. Alle diese Berge sind gegenwärtig erloschene Vulcane.

Volcano, südlich von Lipari, mit dem beständig dampfenden, 1220 F. hohen Vulcane, dessen Krater 3000 F. Durchmesser und 600 F. Tiefe hat. Zwischen Volcano und Lipari liegt noch die kleine, mit drei Krateren versehene Insel Volcanello.

Saline, nordwestlich von Lipari, die höchste unter den Liparischen Inseln, bis zu 3500 F. aufsteigend, und den Monte Salvatore und M. della Valle di Spina, zwei erloschene Vulcane enthaltend.

An der Südwestseite Siciliens liegt gegen Tunis die Insel Pantellaria, welche zwar erloschen ist, aber aus einem deutlichen Erhebungskrater und Eruptionskegel besteht. Mitten zwischen dieser Insel und Sciacca entstand im Juli des Jahres 1831 eine vulcanische Insel, Julia oder Ferdinandea genannt, welche bis 215 F. Höhe über den Meeresspiegel erreichte, aber nach halbjährigem Dasein von dem Meere wiederum zerstört worden ist.

Vulcane der Gegend von Neapel.

Der Vesuv, gegenwärtig 3700 F. hoch*), ist ein zusammengesetzter Vulcan, in welchem sich sehr deutlich ein Erhebungskegel und ein Eruptions-

*) Nach trigonometrischen Messungen der Neapolitanischen Ingenieurs; *Comptes rendus*, *t.* 22, 1846, *p.* 88.

kegel unterscheiden lässt, welcher letztere von dem Monte Somma, dem Kraterwalle des ersteren, noch theilweise umgeben und durch ein fast halbkreisförmiges Thal, das Atrio del Cavallo, abgesondert wird.

Der Epomeo auf der Insel Ischia, 2600 F. hoch, ist gegenwärtig erloschen, war aber doch noch in der historischen Zeit thätig; ausser ihm finden sich auf der Insel noch 12 kleinere vulcanische Kegel.

Die Phlegräischen Felder bei Puzzuoli, westlich von Neapel; dort finden sich auf einem Raume von 3 geogr. Quadratmeilen 27 mehr oder weniger wohl erhaltene alte Kratere, unter denen die Solfatara noch gegenwärtig heisse Dämpfe aushaucht, der 428 F. hohe Monte Nuovo aber im Jahre 1538 in Zeit von 48 Stunden gebildet wurde.

Ausser den genannten Vulcanen sind noch östlich vom Vesuv der Lago d'Ansanto und der Erhebungskrater des Vultur bei Melfi in Apulien zu erwähnen, welche beide nach Daubeny noch Gase aushauchen, und mit dem Vesuv und Epomeo in einer und derselben geraden Linie von 21 Meilen Länge liegen. Nordwestlich vom Vesuv erhebt sich bei Teano der äusserst interessante alte Erhebungskrater von Roccamonfina.

Vulcanisches Gebiet Griechenlands.

Dort ist zuvörderst die Halbinsel von Methone oder Methana zu erwähnen, auf welcher nach Strabo, etwa 300 Jahre vor Christi Geburt, ein 4000 F. hoher Berg unter sehr lebhaften vulcanischen Erscheinungen gebildet wurde; ein Ereigniss, welches jedenfalls mit der von Ovid (Metamorphosen, XV, v. 296 ff.) geschilderten Entstehung eines Berges bei Trözene identisch ist.

Ferner sind die Inseln Poros, Antimilo, Milo, Argentiera, Polino, Policandro und Santorin ihren Gesteinen nach als vulcanische Inseln zu betrachten, wie denn auch einige derselben noch Dämpfe aushauchen. Besonders interessant ist die Insel Santorin, welche zugleich mit Aspronisi und Therasia einen elliptischen Erhebungskrater bildet, dessen Inneres vom Meere erfüllt ist, und seit dem Jahre 184 vor Christo bis in die neuere Zeit zu wiederholten Malen Beweise vulcanischer Thätigkeit, durch Bildung mehrer kleiner Inseln, Erhebung des Meeresgrundes, Dampf-Aushauchungen und Bimsstein-Eruptionen gezeigt hat. Da alle diese Puncte, von Methone bis Santorin, in einer nur wenig von NW. nach OSO. gekrümmten Linie liegen, so scheinen sie auf das Vorhandensein einer vulcanischen Reihe zu verweisen, wie Leopold v. Buch zuerst gezeigt hat*).

Von thätigen Vulcanen ist in Europa ausser den genannten keiner weiter bekannt. Wohl aber finden sich in vielen Gegenden sehr ausgezeichnete Reihen und Gruppen von erloschenen Vulcanen. So bei Olot und Castel-Follit in Catalonien, die Columbretes-Inseln an der Küste von Valencia; bei Clermont in Frankreich, und weiter südlich und südöstlich die Erhebungskegel des Montdor,

*) Gegen diese Ansicht erklärt sich jedoch Virlet, indem er von den Vulcanen des Griechischen Archipelagus sagt: *ils semblent tous disséminés sans ordre, et sans avoir les moindres rapports entre eux. Bull. de la soc. géol. t. III, p,* 110.

Cantal und Mezenc, so wie viele andere Puncte im Velay und Vivarais; bei Agde und Béziers im Dep. Hérault (nach Duchartre, *Comptes rendus*, *t.* 18 *p.* 155), in der Provence an mehren Puncten (nach Darluc, zufolge *Explication de la carte géol. de la France*, *I*, *p.* 497), auf der Insel Sardinien (nach Holland, *Travels in the Jonian Jslands*, *p.* 5 und de Marmora, *Bull. de la soc. géol.*, *III*, *p.* 118). Ferner das Albaner Gebirge bei Rom, die Eifel und die Gegend von Laach und Rieden in Rheinpreussen, u. a. Gegenden, woraus sich ergiebt, dass die vulcanische Thätigkeit ehemals über einen grossen Theil Europas wirksam gewesen ist, und ihre mancherlei Producte zu Tage gefördert hat, wenn sie auch keine grösseren, permanenten Vulcane zu Stande brachte.

§. 38. *Vulcane in und um Africa.*

Africa selbst ist, so weit man es dermalen kennt, fast gänzlich entblöst von Vulcanen. Zwar führt schon Athanasius Kircher nach den Angaben von Missionaren 8 Vulcane auf, von denen zwei in Monomotapa, einer in Libyen, einer in Abyssinien und die übrigen in Angola, Congo und Guinea liegen sollen; allein bis jetzt ermangeln die meisten dieser Angaben jeder neueren Bestätigung. Dass der früher in Kordofan vorausgesetzte Vulcan wahrscheinlich nicht existirt, wurde bereits im §. 35 bemerkt. Dagegen liegt nach neueren Beobachtungen von Rochet in Abyssinien, 19 Lieues östlich von Ankober, also doch ziemlich weit landeinwärts, eine Gruppe erloschener Vulcane, unter denen sich auch ein noch thätiger Vulcan Namens Dofane befindet. Auch hat Allen an der Küste im innersten Winkel des Meerbusens von Guinea eine über 12,000 F. hohe vulcanische Berggruppe beschrieben, welche noch in sehr neuer Zeit thätig gewesen zu sein scheint*). Sonach hätten sich von Kirchers Angaben wenigstens die beiden über Abyssinien und Guinea bestätigt.

Wenn man aber desungeachtet auf dem Continente von Africa nur sehr wenige Vulcane kennt, so finden sich dagegen rings um diesen Erdtheil sowohl im Atlantischen als im Indischen Ocean, freilich zum Theil in sehr bedeutender Entfernung, viele vulcanische Inseln und Inselgruppen. Dahin gehören die Azoren, die Canarischen Inseln, die Capverdischen Inseln, die Inseln Ascension, Tristan da Cunha, St. Paul, Bourbon, Mauritius und einige Inseln im rothen Meere**).

*) *Archiac, Histoire des progrès de la géol. I, p.* 555.

**) Auch auf Fernando-Po soll ein 10000 F. hoher vulcanischer Berg liegen, und St. Helena ist grossentheils vulcanischer Entstehung, wie sich aus dem, zwar

Die Azoren stellen eine, von Flores bis Santa Maria über 80 Meilen lange Inselgruppe dar, welche freilich nur in ihrem mittleren Theile sehr ausgebildet ist, wo die 5 Inseln Terceira, Pico, St. Georg, Fayal und Graciosa beisammen liegen, während von ihnen aus einerseits nach WNW. bis Flores und Corvo, anderseits nach OSO. bis St. Miguel und Santa Maria ein grosser inselfreier Zwischenraum vorhanden ist. Desungeachtet liegen sie so bestimmt in einer geraden Linie, dass man sie füglich auf die Vorstellung einer doppelten Vulcanreihe zurückführen kann, für welche die mittelste Insel St. Georg als ein Verbindungsglied zu betrachten sein möchte, während Flores, Fayal, Pico und Santa Maria die südliche, Corvo, Graciosa, Terceira, St. Miguel und die Formigas die nördliche Reihe bilden. Auf der Insel Pico ragt der Pico-Alto nach Ferrer über 7300 F. hoch auf, der höchste Vulcan des ganzen Archipelagus, dessen Inseln insgesammt vulcanische sind*) und seit ihrer Entdeckung bis auf den heutigen Tag Beweise der noch fortwährenden vulcanischen Thätigkeit geliefert haben.

Die Insel Madeira hat nach Leopold v. Buch einen sehr schönen Erhebungskrater, welcher von den 4000 F. hohen Abstürzen des Pico Ruivo und Cima de Toringas umschlossen wird.

Die Canarischen Inseln bilden eine beinahe von West nach Ost gestreckte, in einem gegen Süden vorspringenden Bogen gekrümmte Inselreihe, die von Palma bis Lanzarote in gerader Richtung 60 Meilen Länge hat. Den Mittelpunct nimmt Gran Canaria ein, an welche sich auf der Ostseite Fuerteventura und Lanzarote, auf der Westseite Teneriffa, Gomera und Palma anschliessen, von welcher letzteren noch südlich, und genau in der verlängerten Richtung von Teneriffa und Gomera, die bekannte kleine Insel Ferro oder Hierro liegt. Leopold v. Buch hat zuerst eine eben so umfassende als gründliche Darstellung der geologischen Verhältnisse dieses höchst interessanten Archipelagus geliefert**), welcher im Pico de Teyde auf Teneriffa 11400 F. Höhe erreicht, und sowohl auf dieser Insel, als auf Canaria und Palma die grossartigsten und schönsten Beispiele von Erhebungskrateren aufzuweisen hat.

bilderreichen aber textarmen Werkchen von *Robert Seale*, *Geognosy of the Island St. Helena* ergiebt. Darwin ist gleichfalls der Ansicht, dass die centralen und höchsten Gipfel von St. Helena den Rand eines grossen Kraters bilden, dessen südliche Hälfte zerstört worden ist. *Voyages of the Adventure and Beagle*, *vol. III*, 581, und *Geol. observ. on the volcanic islands*, *p.* 83.

*) Von Santa Maria wurde diess früher bezweifelt, weil man von ihr auch nichtvulcanische Gesteine und organische Ueberreste kannte. Indessen erwähnte v. Leonhard schon 1844 basaltische Gesteine (Populäre Vorlesungen über Geologie, V, 369) und Hunter zeigte, dass sie entschieden vulcanischer Entstehung ist, wenn sie auch keinen thätigen Vulcan besitzt. *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *II*, 1846, *p.* 36.

**) Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln, Berlin 1825, S. 203 ff. und die noch reichhaltigere im Jahre 1836 erschienene französische Uebersetzung dieses Meisterwerkes, in welchem die herrlichsten Schilderungen und geistreichsten Ansichten niedergelegt sind, die eine unvergängliche Bedeutung für die Wissenschaft gewonnen haben.

Die Capverdischen Inseln erscheinen als eine Inselgruppe, in welcher sich keine vorherrschende Längendimension zu erkennen giebt, obgleich die meisten Inseln (mit Ausnahme von Sal) in zwei Reihen liegen, von denen die grössere, etwa 40 M. lange, von WNW. nach OSO. gestreckte Reihe die Inseln S. Antonio, S. Vincente, Sa. Lucia, S. Nicolas und Boavista, die südlich gelegene kleinere, etwa 25 M. lange und von WSW. nach ONO. gegestreckte Reihe aber die Inseln Brava, Fuego, S. Jago und Mayo begreift. Von allen diesen Inseln ist Fuego oder Fogo am genauesten bekannt, auch noch kürzlich von Deville untersucht und beschrieben worden; sie besteht aus einem grösseren basaltischen Erhebungskrater, in dessen Mitte der gleichfalls basaltische sehr steile Centralkegel bis zu 8600 F. Höhe aufragt, mit einem Krater von 1500 F. Durchmesser, aus welchem jedoch niemals Lava geflossen ist, indem alle bekannten Eruptionen am Fusse des Kegels erfolgten.

Die Insel Ascension, im Meridian der Canarischen Insel Fuerteventura, und über 200 M. vom Cap Palmas, dem nächsten Küstenpuncte Africas entfernt, ist durchaus vulcanischer Natur, und erhebt sich bis 2700 F. über dem Meeresspiegel. Eben so trägt Tristan da Cunha, 350 Meilen westlich vom Vorgebirge der guten Hoffnung, einen 7800 F. hohen Vulcan.

Die im Indischen Oceane, weit östlich von der Südspitze Africas, ungefähr im Meridiane des Cap Comorin liegende Insel St. Paul ist nach Ford und Bostock eine ausgezeichnet vulcanische Insel, wie es scheint ein grosser und vollständiger aber nur 700 F. hoher Erhebungskrater, dessen Inneres vom Meere erfüllt wird und sich noch in voller Thätigkeit befindet, da man bei Nacht Flammen aufsteigen sieht. Die südlich von St. Paul gelegene Insel Amsterdam besitzt nach Barrow und Mortimer einen sehr ausgezeichneten Erhebungskrater. Eben so sind die beiden, östlich von Madagaskar liegenden Inseln Bourbon und St. Mauritius durchaus vulcanisch; ja die erstere erscheint wie ein einziger grosser Vulcan, indem sich auf einer flachen Kuppel von basaltischen Gesteinen ein Kegel bis zu 7500 F. Höhe erhebt, auf dessen Gipfel drei Kratere liegen, von denen sich der eine in ununterbrochener Thätigkeit befindet. St. Mauritius oder Isle de France ist zwar gegenwärtig ohne vulcanische Thätigkeit, giebt aber in deutlichen Krater-Resten und zahllosen Lavabänken seine vulcanische Natur hinreichend zu erkennen*).

Endlich sind noch im Rothen Meere die Inseln Perim und Teir oder Tarr, so wie die Zebayr-Inseln zu erwähnen, von denen die erste nach Botta vulcanischer Natur ist, die zweite aber schon von Bruce für einen Vulcan erkannt wurde, was sich durch die späteren Beobachtungen Ehrenbergs, und der Offiziere der Englischen Vermessungs-Expedition vollkommen bestätigt hat. Der Djebel-Teir, welcher eigentlich die ganze Insel bildet, ist 840 F. hoch, dampft fortwährend, und zeigt auch häufig Feuererscheinungen. Die Kette der

*) Nach Bailly und Darwin stellt Mauritius einen der grössten basaltischen Erhebungskratere dar, dessen kleinerer Durchmesser drei deutsche Meilen misst. *Geol. observ. on the volcanic islands*, *p.* 30, und Zeitschrift für Mineralogie, 1825, I, S. 136. Nach Dr. Allan ist auch die grosse Comoro-Insel, zwischen der Nordspitze von Madagaskar und der Africanischen Küste, vulcanisch; sie hat einen 8000 F. hohen Gipfel. *Darwin, the structure and distribution of coral-reefs, p.* 187.

vulcanischen Zebayr-Inseln bildet mit Teir eine fortlaufende Reihe, welche sich weiter südlich durch die Arrisch-Inseln mit Perim in Verbindung bringen lässt.

§. 39. *Vulcane in und um Asia.*

Von den muthmaasslichen Vulcanen Centralasias ist bereits in §. 35 die Rede gewesen. Ausser ihnen sind auf dem Festlande besonders die Vulcane der Halbinsel Kamtschatka sowie die grösstentheils erloschenen Vulcane Kleinasiens, des Kaukasus und Armeniens zu erwähnen, welche letztere in früheren Zeiten eine ganz ausserordentliche Thätigkeit gezeigt haben müssen.

Wie arm aber auch das eigentliche Continent von Asia an wirklich thätigen Vulcanen ist, so erstaunlich reich daran sind die dasselbe auf seiner Südost- und Ostseite umgebenden Inseln, indem sich aus dem Meerbusen von Bengalen durch die Sunda-Inseln, Molukken, Philippinen, Formosa, die Japanischen Inseln und die Kurilen eine fast ununterbrochene mehrfach gekrümmte Reihe von Vulcanen verfolgen lässt, die stellenweise so dicht gedrängt auftreten, dass sich in diesem Ostasiatischen Inselzuge unstreitig die grossartigste Entwicklung der vulcanischen Thätigkeit auf unserm Planeten zu erkennen giebt. Denn der eine Arm dieses insulanen Vulcangürtels setzt von der Insel Timorlaut (auf welcher jedoch kein Vulcan bekannt ist) bis nach dem Vorgebirge Lopatka durch 60 Breitengrade fort, und verlängert sich in der Vulcanreihe Kamtschatkas noch fast 7 Grad weiter nordwärts, während der andere Arm von Timorlaut aus in einem grossen Bogen um Borneo und ganz Hinterindien bis auf die Insel Ramri, fast durch 30 Breitengrade und 40 Längengrade verfolgt werden kann.

Bevor wir diesen merkwürdigen Vulcangürtel näher durchgehen, möge noch einiger vulcanischen Regionen des Asiatischen Continentes gedacht werden, deren Vulcane zwar gegenwärtig grossentheils erloschen sind, ehemals aber mitunter sehr gewaltige Eruptionen geliefert haben.

In Kleinasien sind besonders der 12400 F. hohe Argäus oder Arghi-Dagh bei Cäsarea und der westsüdwestlich von ihm liegende 8000 F. hohe Hassan-Dagh zu erwähnen; zwei trachytische Kegel, an deren Fusse ausser vielen Eruptionskegeln auch basaltische Lavaströme vorkommen*).

Ganz ausserordentlich reich an erloschenen Vulcanen ist Armenien, wo südlich vom Araxes bei Kulpi der Vulcan Takal-Tau und 10 Meilen weiter östlich der 16200 F. hohe Ararat aufragt, ein Andesitkegel, an dessen

*) *Hamilton, in Trans. of the geol. soc., 2. series, V, p.* 584 u. 596.

Fusse sich im Jahre 1840 eine fürchterliche Eruption ereignete. Auch der Seiban-Dagh, am nördlichen Ufer des Wansees, und der südlich von diesem See gelegene Sindsjar sind sehr bedeutende vulcanische Berge. Doch am meisten entwickelt zeigt sich die vulcanische Natur Armeniens in dem vom Araxes und Kur umschlossenen Plateau, dessen Rücken in einer 54 Meilen langen Strecke mit einer Menge vulcanischer Kegel besetzt ist. Am obern Kur erhebt sich der grosse Circus von Akhalzik, und der Krater des Tschyldir; weiterhin ragt als ein selbständiges System der imposante Erhebungskrater des Alaghez auf, welcher von vier Gipfeln beherrscht wird, deren höchster fast 12900 F. misst. Auf dieses System folgt das Gewölbe des Agmangan, dessen Kratersee 9300 F. hoch liegt, aber von einem Eruptionskegel noch um 1900 F. übertroffen wird. Weiterhin erheben sich die majestätischen Erhebungskratere des Agdagh und Bosdagh, und dann, als südöstliche Fortsetzung des Agmangan-Plateaus, die Hochebene von Agridja mit drei grossen vulcanischen Systemen, von welchen der Erhebungskrater Karantyschdagh noch bis 10430 F. aufragt. Als südlichstes Glied schliesst sich endlich ein länglich elliptisches Hochland von 8500 F. mittler Höhe an, welches vier grosse vulcanische Eruptionssysteme trägt, von denen das letzte und grösste, der Erhebungskrater des Kissalidagh, über 9700 F. Höhe erreicht*).

Auf dem Rücken des Kaukasus selbst ragen nicht nur der, 17350 F. hohe Elbrus und der 15500 F. hohe Kasbek als vulcanische Gipfel auf, sondern es sind auch zwischen diesen beiden Riesen des Gebirges**) noch mehre alte Vulcane bekannt, unter denen sich besonders der Pasemta, als der dritte Hauptgipfel, durch seine abgestumpfte Kegelform auszeichnet; ja, nach Dubois ist es sehr wahrscheinlich, dass auch noch nordwestlich vom Elbrus und südöstlich vom Kasbek die Reihe der vulcanischen Kegel fortsetzt.

Auch in Syrien und Palästina sind mehrorts die deutlichsten Spuren ehemaliger vulcanischer Thätigkeit vorhanden; in Arabien fand Seetzen bei Medina, Sana, Mocha, Aden u. a. O. Lava; ja der Bir-Barbut in Hadramaut soll immer Dämpfe ausstossen, und das Vorkommen sehr grosser erloschener Kratere bei Aden ist noch neuerdings durch Burr und v. Düben bestätigt worden.

Der südlich vom Caspisee, unweit Teheran 13800 F. hoch aufragende Demawend liefert noch gegenwärtig in Dampf-Aushauchungen entschiedene Beweise der in seinem Innern fortdauernden Thätigkeit; und am östlichen Ufer des Caspisees wird der Abischtscha als ein beständig dampfender Vulcan

*) Dubois de Montpéreux gab Nachrichten über diese Vulcane Transkaukasiens im *Bull. de la soc. géol., t. VIII, p.* 376 und in *Voyage autour du Caucase;* genauer und ausführlicher beschrieb sie Abich in seiner Abhandlung über die geologische Natur des Armenischen Hochlandes, Dorpat 1843, und im *Bull. de la classe physico-mathematique de l'Academie de St. Petersb., t. V,* 322 *ff.*

**) Die Höhe beider war früher weit niedriger geschätzt worden; die oben mitgetheilten Zahlen sind das Ergebniss genauer trigonometrischer Messungen durch die Petersburger Akademiker Fuss, Sabler und Sawitsch; es folgt daraus, dass der Elbrus der höchste Gipfel ist, welcher überhaupt zwischen der Küste von Portugal und dem Hindukho aufsteigt. Vergl. v. Humboldt, Central-Asien, I, 396.

erwähnt, während nach Woskoboinikow der auf der Westseite des Sees liegende Sawalan ein erloschener Vulcan ist.

Auf der Halbinsel Cutsch in Vorderindien hat Grant, südlich von Luckput bei dem Dorfe Wage-ke-Pudda, auf einem ziemlich beschränkten Raume viele kleine erloschene Eruptionskratere und Schlackenkegel nachgewiesen, und Clark entdeckte am westlichen Fusse der Ghats eine ganze Reihe erloschener Vulcane, welche in die Richtung der Lakkadiven und Malediven fällt*).

Die Hoschans in China, Berge, aus deren Spalten Feuerflammen hervorbrechen, sind wohl nicht als wirkliche Vulcane zu betrachten, so wenig als die vielen Hotsings oder Feuerbrunnen als Beweise eigentlicher vulcanischer Thätigkeit gelten können. Dagegen befindet sich im nordöstlichen Sibirien an den Ufern der Marekanka unweit Ochozk ein District, in welchem der Vulcanismus ehemals sehr bedeutende Producte zu Tage gefördert hat.

Gegenwärtig zeigt der Vulcanismus auf dem Asiatischen Continente vorzüglich in der Halbinsel Kamtschatka eine sehr energische Wirksamkeit. Erman führt nicht weniger als 21 thätige Vulcane auf, welche in zwei, beinahe parallele Reihen geordnet, durch mehr als 5 Breitengrade vertheilt sind; zwischen beiden zieht sich, auf dem sogenannten Mittelgebirge der Halbinsel, eine Reihe erloschener Vulcane hin, deren Zahl überhaupt ausserordentlich gross ist. Die wichtigsten unter den thätigen Vulcanen sind aber von Süd nach Nord folgende:

Der erste Sopka, unter 51° 30′; ein Vulcan von sehr bedeutender Höhe, welcher noch zu Ende des 18. Jahrhunderts grosse Eruptionen gezeigt hat.

Der Wilutschinskaja Sopka, unter 52° 42′, fünf Meilen von Peterpaulshafen, nach Lütke 6330 F. hoch, ausgezeichnet durch seine Kegelform.

Der Awatschinskaja Sopka, unter 53° 15′, nach Lütke 8214, nach Beechey 8500 F. hoch; dampft beständig, hat aber nur selten Eruptionen, von denen die in den Jahren 1737 und 1827 als besonders grossartige und von heftigen Erdbeben begleitete bezeichnet werden.

Der Koriazkaja Sopka, nur 1 Meile weiter nach Norden gelegen, als der vorige, nach Lütke 10518 F. hoch, auf der nördlichen Seite stellenweise dampfend, ohne jedoch seit Menschengedenken eine bedeutende Eruption gezeigt zu haben, während die vielen Obsidianmassen auf seinen Abhängen auf ehemalige Eruptionen verweisen.

Der Tolbatschinskaja Sopka, unter 55° 51½′, nach Erman 7800 F. hoch; hatte im Jahre 1739 eine starke Eruption, bei welcher die glühenden Massen furchtbare Verheerungen in den umgebenden Wäldern anrichteten.

Der Kliutschewskaja Sopka, unter 56° 4′, nach Erman 14790 F. hoch, der grösste Vulcan Kamtschatkas, fast vom Meeresspiegel aufragend,

*) *Grant*, *in Trans. of the Geol. soc.*, 2. *series*, *V*, 316 und *Clark*, im *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *III*, 222.

und daher wahrscheinlich derjenige Vulcan auf unsrer Erde, welcher die grösste eigenthümliche Höhe hat; er ist in beständiger Thätigkeit und hat zu wiederholten Malen sehr gewaltige Eruptionen gezeigt; auch Erman fand ihn im Jahre 1829 in heftiger Aufregung, während welcher ein Lavastrom nur 720 F. unter dem Gipfel hervorbrach.

Der Schiwelutsch, ein langgestreckter Kamm mit zwei Gipfeln, von welchen der nordöstliche höhere unter 56° 40½′ Breite liegt, und bis zu 9900 F. Höhe aufsteigt.

§. 40. *Ostasiatischer Vulcangürtel.*

Dieser colossale Vulcangürtel zeigt in seiner Gesammt-Ausdehnung von der Südspitze Kamtschatkas bis gegen die Insel Timorlaut und von da durch die Sundainseln bis in den Meerbusen von Bengalen einen so merkwürdig gekrümmten Verlauf, dass wir ihn zur besseren Uebersicht nach den fünf hervortretenden Hauptrichtungen in eben so viele Systeme zerlegen wollen, welche wir als das nordöstliche, östliche, mittlere, südliche und westliche System unterscheiden. Das nordöstliche System begreift die Kurilen und einen Theil der Japanischen Inseln, das östliche, als ein ablaufender Zweig erscheinende System einen Theil von Nipon die Volcanos-Inseln und Marianen, das mittlere System die Insel Formosa, die Philippinen und Molukken, das südliche System die kleinen Sundainseln und Java, und endlich das westliche System Sumatra und die im Bengalischen Meerbusen liegenden Vulcane.

Nordöstliches System des Ostasiatischen Vulcangürtels.

Die 150 Meilen lange Kette der Kurilen schliesst sich nach ihrer Lage und Richtung so unmittelbar an die Reihe von Kamtschatka an, dass sie in der That nur als die Fortsetzung derselben zu betrachten ist, und dass beide zusammen eine einzige Reihe von 230 M. Länge darstellen, deren Richtung in eine von NNO. nach SW. gekrümmte Linie fällt und eigentlich noch bis zu Oosima, jenseits der Japanischen Insel Jeso, verlängert gedacht werden muss.

Die wichtigsten unter den 20, theils thätigen theils erloschenen Vulcanen der Kurilen sind folgende:

Alaid, der nördlichste Vulcan, westlich vom Vorgebirge Lopatka, unter 50° 54′ nördl. Br., ist sehr hoch, daher aus grosser Ferne sichtbar, dampft noch gegenwärtig, und hatte im Jahre 1793 eine sehr heftige Eruption.

Poromuschir; im südwestlichen Theile dieser Insel liegt ein hoher Berg, welcher nach Postels im Jahre 1793 gleichfalls eine Eruption zeigte.

Anakutan; auf dieser Insel liegen 3 Vulcane, welche jedoch gegenwärtig erloschen zu sein scheinen.

Raukoko, unter 48° 16⅓′ nördl. Br.; seit einem, wahrscheinlich im Jahr 1780 Statt gefundenen sehr heftigen Ausbruche ist dieser Vulcan fortwährend thätig.

Saruitscheff auf der Insel Matua, unter 48° 6′, dampft beständig, ist nach Horner über 4200 F. hoch, und hat einen Krater von 720 F. Durchmesser.

Süd-Tschirpooi, unter 46° 39′; der Vulcan dieser kleinen Insel ist nach Krusenstern erloschen, hat aber früher die ganze Insel mit seinen Auswürflingen überschüttet.

Iturup; im nördlichen Theile dieser grössten unter den Kurilen ragt unter 45° 30′ nördl. Br., ein beständig dampfender Vulcan auf.

Leopold v. Buch vermuthet, dass auch die Insel Tschikotan unter 43° 53′ von einem Vulcane gebildet werde, und dass der Antonspik auf der dicht bei Jeso liegenden Insel Kunaschir gleichfalls ein Vulcan sei.

Die Vulcane der Japanischen Inseln sind nur wenig bekannt. Im Meerbusen Utschiura liegen an der Südküste der Insel Jeso Vulcane, deren japanische Namen uns Klaproth kennen gelehrt hat, und der südwestlichen Spitze derselben Insel liegen die beiden kleinen insulanen Vulcane Oosima und Koosima vor, welcher letztere unaufhörlich Dämpfe aushaucht.

Oestliches System des Ostasiatischen Vulcangürtels.

Die so eben erwähnten Vulcane von Jeso fallen noch ihrer Lage nach in die Richtung der Kurilenreihe, allein sie beschliessen dieselbe, und bilden zugleich die Anknüpfungspuncte für ein anderes Reihensystem, welches in nordsüdlicher Richtung durch den östlichen Theil der Insel Nipon läuft und weiterhin, mehr oder weniger unterbrochen, aber mit nur geringen Biegungen, in derselben Richtung durch den grossen Ocean bis an das südliche Ende der Marianen, überhaupt aber vom Usuga-dake auf Jeso bis zur Marianeninsel Guahan, d. h. von 42° 30′ bis 13° 24′ nördlicher Breite, also durch 29 Breitengrade oder 435 Meilen weit verfolgt werden kann. Es ist auffallend, dass die Linie dieser nordsüdlich streichenden Vulcanreihe in ihrer südlichen Verlängerung auf mehre Vulcane von Neu-Guinea, auf das spitze Vorgebirge York und auf die Bass-Strasse, in ihrer nördlichen Verlängerung auf die langgestreckte Insel Tarakai und Ochozk verweist, und folglich einerseits in die längste Meridianlinie Australiens, anderseits in diejenige Gegend des nordöstlichen Sibiriens fällt, in welcher so viele Beweise ehemaliger vulcanischer Thätigkeit vorkommen.

Die zu diesem, nach Süden auslaufenden Seitenzweige des Ostasiatischen Vulcangürtels gehörigen Vulcane sind besonders folgende: Auf Nipon kennt man im nördlichen Theile der Insel die Vulcane Yake-yama, Pic Tile-

sius und Tesan, so wie im südlichen Theile den Asama-yama und Fusi-no-yama oder Fusi; dieser letztere, der höchste, mit ewigem Schnee bedeckte Berg Nipons, soll sich nach Japanischen Urkunden im Jahre 285 vor Christo in einer Nacht gebildet haben, während gleichzeitig in der Provinz Oomi ein Landstrich von 8 Meilen Länge und 2 M. Breite versank und in den See Mitsunumi verwandelt wurde. — Ausser diesen, in dem nordsüdlich gestreckten Theile der Insel gelegenen Vulcanen wird noch in dem ostwestlich gestreckten Theile der Vulcan Sira-yama genannt, welcher den Fusi und Asama mit den Vulcanen der Insel Kiusiu in Verbindung bringt.

Die nordsüdliche Reihe aber wird im Süden des Fusi zunächst durch die drei vulcanischen Inseln Vries, Nokisima und Fatsisio fortgesetzt, ist dann unterbrochen, steigt jedoch in der, von den wenig bekannten Bonin-Inseln und los Volcanos gebildeten Reihe, welche angeblich 7 Vulcane begreift, wieder aus dem Oceane auf, sinkt gegen den Wendekreis des Krebses abermals unter das Meer, um endlich wieder in der Reihe der Marianen aufzutauchen, auf welcher von der Insel Assumption bis zur südlichsten Insel Guahan mehre theils thätige, theils erloschene Vucane gelegen sind.

Der Hauptgürtel der Vulcane setzt, wie bereits erwähnt, vom Fusi und Asama-yama auf Nipon durch den Sira-yama gegen die Insel Kiusiu fort, auf welcher die Vulcanreihe nach SSW. und S. umbiegt; dort kennt man besonders die, zum Theil in furchtbarer Weise thätigen Vulcane Asono-yama, Unsengadake, Biwonokubi und Miyi-yama, wie denn auch auf der Insel Sikolf und auf den beiden südlich von Kiusiu liegenden Inseln Tanegasima und Jewosima Vulcane bekannt sind. Endlich trifft noch die verlängerte Linie dieser, auf und bei Kiusiu befindlichen Vulcane auf die nördlich von Lieukhieu liegende, beständig dampfende Schwefelinsel, mit welcher das nordöstliche System des grossen Ostasiatischen Vulcangürtels abschliesst.

§. 41. *Fortsetzung.*

Mittleres System des Ostasiatischen Vulcangürtels.

Dieses System beginnt mit der Insel Formosa, und erstreckt sich durch die Philippinen und Molukken bis zu den Inseln Siroa und Nila, anfangs fast in der Richtung des Meridians dann mit einer Abweichung nach SSO., durch 30 Breitengrade oder 450 Meilen.

Unsere Kenntniss der Vulcane von Formosa beruht auf einigen, von Klaproth aus Chinesischen Urkunden mitgetheilten Angaben, welche auf das Dasein von wenigstens 4 Vulcanen verweisen. Zwischen Formosa und Luzon, doch näher bei der letzteren, liegen die beiden hohen vulcanischen Inseln Claro-Babuyan und Camiguin, von welchen die erstere noch im Jahre 1831 einen bedeutenden Ausbruch gezeigt hat.

Ausserordentlich reich an Vulcanen ist die Insel Luzon, zumal in ihrem südlichsten Theile, der Halbinsel Camarines, längs deren nordöstlicher Küste innerhalb einer 30 Meilen langen Strecke nicht weniger als 10 Vulcane vertheilt sind, unter welchen der Ysarog der höchste und bedeutendste zu sein scheint. Ausserdem werden noch nördlich von der Hauptstadt Manila die Berge Aringuay und Arayat als etwas zweifelhafte erloschene Vulcane aufgeführt, während südlich von ihr die beiden Vulcane Banajau de Tayabas und Taal liegen, deren nach Westen verlängerte Verbindungslinie auf die gleichfalls vulcanische Insel Ambil verweist.

Der nächste bekannte Vulcan liegt auf der kleinen Insel Fuego, nördlich von Mindanao; diese letztere grosse Insel aber trägt nach Berghaus sehr wahrscheinlich drei Vulcane, welche von Norden nach Süden unter den Namen Illano, Kalagan und Sanguili aufgeführt werden.

Weiter südlich folgen die beiden Vulcan-Inseln Abu und Siao, dann, auf der nordöstlichsten Spitze von Celebes, der Vulcan Klobat, auf Ternate ein 3840 F. hoher Vulcan, welcher zu verschiedenen Zeiten sehr heftige Ausbrüche gezeigt hat, und die nahe bei Ternate liegenden vulcanischen Inseln Tidore, Motir und Mackian, so wie auf Gilolo der Vulcan von Gammacanore und nördlich von dieser Insel der auf Mortay liegende Vulcan Tolo.

Südlich vom Aequator setzt sich die Vulcanreihe der Philippinen und Molukken noch weiter fort. Zuvörderst ist der sehr hohe Vulcan zu erwähnen, den Dampier auf der westlichsten Spitze von Neu-Guinea dampfen sah, und welcher als ein Verknüpfungspunct des Australischen mit dem Ostasiatischen Vulcangürtel zu betrachten ist. Die, südlich von Ceram, bei Amboina liegende Insel Hitu mit dem Vulcane Wowani, der neben Banda aufragende Vulcan Gunong-Api, welcher äusserst heftige Eruptionen gehabt hat, und die Vulcane von Siroa (oder Sorea) und Nila beschliessen das mittlere System des Ostasiatischen Vulcanzuges.

Südliches System des Ostasiatischen Vulcangürtels.

Die beiden zuletzt genannten Inseln Siroa und Nila liegen auf dem Wendepuncte, in welchem sich das von N. nach SSO. streichende mittlere System mit dem von O. nach W. streichenden südlichen Systeme verbindet, deren Hauptrichtungen sonach einen schon etwas spitzen Winkel mit einander bilden. Die südliche Reihe begreift wesentlich die kleinen Sundainseln und die Insel Java, erstreckt sich von Siroa, unter 148° 20′ östl. L., bis zum Djunging, dem westlichsten Vulcane Javas, unter 123° 30′ läuft also fast durch 25 Längengrade, und hat eine Ausdehnung von 360 geographischen Meilen.

Von Osten nach Westen sind in dieser Reihe besonders folgende Vulcane zu erwähnen:

Domme und Gunong-Api, welcher letztere, fortwährend thätige Vulcan nicht mit dem gleichnamigen bei Banda zu verwechseln ist. Nördlich von Timor liegen die Inseln Pantar und Lomblen, deren jede einen Vulcan trägt; die in ostwestlicher Richtung langgestreckte Insel Flores aber besitzt

wenigstens 3 Vulcane, welche zu sehr bedeutenden Höhen aufragen. An der Nordostspitze von Sumbawa liegt abermals eine Insel Gunong-Api, welche aus einem sehr hohen zweigipfeligen vulcanischen Berge besteht*), und auf Sumbawa selbst erhebt sich der Tomboru, ein durch seine fürchterliche Eruption im Jahre 1815 berühmt gewordener Vulcan; auch die noch folgenden beiden Inseln Lombock und Bali-Pik sind jede mit einem Vulcane versehen.

Allein nirgends im Bereiche des Ostasiatischen Vulcangürtels, und überhaupt nirgends auf unserm Planeten sind die Vulcane in gleichem Maasse zusammengedrängt, als auf der Insel Java, zumal in der westlichen Hälfte, wo südöstlich von Batavia zu beiden Seiten des Hochthales Tschitarum gegen 16 Vulcane ungefähr in zwei parallelen, von OSO. nach WNW. ziehenden Reihen beisammen liegen. Zu ihnen gehören der Papandayang, dessen 7028 F. hoher Krater bei der furchtbaren Eruption im Jahre 1772 gebildet wurde, welche den Untergang von 40 Dörfern herbeiführte; der über 6500 F. hohe Gunong-Guntur; der 8463 F. hohe, gegenwärtig bewaldete und selbst in seinem Krater mit Gras und Gebüsch bewachsene Patuha; der 6130 F. hohe Tankuban-Prahu mit einem Krater von 3000 F. Durchmesser und fast 900 F. Tiefe; der Galungung, verrufen durch seinen verheerenden Ausbruch im Jahre 1823.

In dem grösseren östlichen Theile der Insel sind gleichfalls gegen 16 z. Th. über 10000 F. hohe Vulcane bekannt; unter ihnen erwähnen wir den kaum 4500 F. hohen Lamongang, nach Junghuhn der thätigste von allen Vulcanen Javas; den Gunong-Ringgit dessen Krater jetzt zusammengebrochen ist; den mit dem Smiru zusammenhängenden Gunong-Tingger, dessen Krater 4 Engl. Meilen im Durchmesser hat, und in seinem Boden ein 6540 P. F. hoch gelegenes Aschenmeer, das Bild einer Africanischen Wüste darstellt; den gegenwärtig erloschenen und gänzlich mit Vegetation bedeckten, 7957 F. hohen Wilis; den gleichfalls erloschenen 10065 F. hohen Lawu; den 8424 F. hohen Merapi; die beiden durch einen Rücken mit einander zusammenhängenden und stellenweise noch dampfenden Vulcane Sumbing und Sindoro, von welchen jener 10348 F. hoch und dieser durch seinen sehr kleinen Krater ausgezeichnet ist; den beständig dampfenden, 10630 F. hohen Gede oder Gunong-Tagal, und endlich den 10480 F. hohen Tschermai**).

Auch südlich und westsüdwestlich von Batavia liegen noch 7 theils thätige theils erloschene Vulcane, von welchen der Gede, ungefähr im Meridian von Batavia, nach Blume 9270 F. hoch ist, der an der Sundastrasse aufragende Djunging aber als der letzte genannt zu werden verdient.

Westliches System des Ostasiatischen Vulcangürtels.

Der Winkel, welchen die Längenaxe der Insel Java mit jener von Sumatra bildet, bestimmt ungefähr die Richtungen, in welchen das süd-

*) Da der malayische Name Gunong-Api so viel bedeutet als brennender Berg, so erklärt sich die mehrmalige Wiederkehr desselben.

**) Die Namen, besonders aber die Höhen dieser Vulcane sind entnommen aus Junghuhns Topographischen und naturwissenschaftlichen Reisen durch Java, 1845.

liche und das westliche System zusammentreffen. Dieses letztere beginnt nämlich in der Richtung NW., biegt sich aber jenseits des Aequators nach NNW. und gewinnt zuletzt eine fast nördliche Richtung; es erstreckt sich aber von der Insel Cracatao oder Rakata, unter 6° 8′ südlicher Breite, bis zur Insel Rambri unter 19° nördlicher Breite, also durch 25 Breitengrade. Doch ist es bei weitem nicht so stetig ausgebildet, wie das südliche System, indem die einzelnen Vulcane schon auf Sumatra, noch viel mehr aber jenseits dieser Insel sehr grosse Intervalle zwischen sich lassen und nur in der Nähe des Aequators dichter beisammen liegen.

Dieses System beginnt mit dem spitzen Pik der in der Sundastrasse liegenden Insel Cracatao, welcher zwar jetzt erloschen ist, aber noch im Jahre 1680 einen Ausbruch hatte. Dann folgen die Vulcane auf Sumatra, nämlich der Gunong-Dempo, nach Chevalier 11550 F. hoch und fast beständig Dämpfe aushauchend; der Gunong-Api unter 1° 30′ lat. Süd; der Berapi 12380 F. hoch, stets dampfend, und westlich von ihm der Sinkalang, beide 9′ südlich vom Aequator; unter dem Aequator selbst der 14076 F. hohe Kasumbra, einer der höchsten Berge Sumatras, und nur 5′ nördlich vom Aequator der 13000 F. hohe Pasaman. Chevalier und Jack nennen noch einige andere Vulcane, und es ist wohl möglich, dass auch der an der Nordküste liegende Elephantenberg ein Vulcan ist.

Nördlich von Sumatra folgt erst ein sehr bedeutender vulcanfreier Zwischenraum von beiläufig 108 Meilen Länge, an dessen Endpuncte, östlich von den Andaman-Inseln, Barren-Island mit einem fast 1700 F. hohen, von einem Erhebungskrater umgebenen Vulcane auftaucht, welcher sich seit vielen Jahren in beständiger Thätigkeit befindet. Etwa 17 Meilen nördlich von dieser Insel liegt die gleichfalls vulcanische Insel Narcondam, und endlich folgen nach einem abermaligen, 80 Meilen langen Zwischenraume, ganz nahe an der Küste von Arracan die vulcanischen Inseln Reguain, Tscheduba und Rambri, welche letztere noch über 3000 F. Höhe erreichen soll.

§. 41. *Vulcane in und um Südamerika.*

Unter allen Continenten ist das Amerikanische durch die bedeutende Anzahl grosser Vulcane ausgezeichnet, welche auf dem Festlande selbst und nicht blos auf Inseln zur Ausbildung gelangt sind; und es gehört unstreitig zu den merkwürdigsten geologischen Erscheinungen, dass dieses, vom Cap Horn bis zur Beringsstrasse über 2000 Meilen lang gestreckte Continent längs seinem Westrande, also gerade da, wo die höchsten Massen - Erhebungen hinlaufen, mit so vielen vulcanischen Gipfeln gekrönt ist. Ausserdem wird noch Südamerika auf seiner Nordseite von der Vulcanreihe der kleinen Antillen, auf seiner Westseite von der Vulcangruppe der Galapagos begleitet, während sich in Nord-

amerika an die Vulcane von Aläska die Vulcanreihe der Aleuten anschliesst.

Vulcane auf dem Continente Südamerikas.

Die Vulcane Südamerikas bilden drei grosse reihenförmige Systeme, welche sich als die Vulcanreihen von Chile, von Bolivia und von Quito bezeichnen lassen, und im Allgemeinen dem Laufe der Andeskette anschliessen, deren höchste Gipfel grossentheils von ihnen gebildet werden. Früher glaubte man auch auf dem Feuerlande Vulcane annehmen zu müssen, wozu man theils durch die spitze Kegelform mancher Berge, z. B. des Sarmiento, theils durch vorübergehend wahrgenommenen Feuerschein, z. B. bei einem Berge am Beagle-Canal, veranlasst worden war. Da jedoch King die vulcanische Natur dieses letztern Berges in Zweifel stellt und Darwin das Dasein von Vulcanen auf Feuerland läugnet, so ist jene Annahme wohl nicht hinreichend begründet.

Im südlichen Patagonien hat Fitz Roy am Rio Santa Cruz zwar ungeheuere Lavafelder nachgewiesen; doch ist die Lage der Kratere nicht bekannt, aus welchen diese gewaltigen Erruptionen Statt gefunden haben.

Erst im nördlichen Patagonien, etwa unter dem Parallel der Südküste von Chiloë ($43^\circ\frac{1}{2}$ lat. Süd) beginnt mit dem Yanteles die Chilener Vulcanreihe, und setzt von dort an bis zum Aconcagua unter $32^\circ\frac{1}{2}$, also durch 11 Breitengrade oder 165 Meilen weit fort. Ihre Richtung ist sehr nahe südnördlich, mit einer geringen Abweichung nach Nordost, indem sie anfangs, vom Yanteles bis zum Vulcan von Osorno, nahe an der Küste hinläuft, dann aber weiter landeinwärts fortzieht und östlich von Conception im Antuco ihren grössten Abstand vom Meere erreicht. Nach Pöppig und andern Reisenden läuft aber östlich vom Antuco tief landeinwärts eine Parallelkette der Andes hin, auf welcher gleichfalls Vulcane empor ragen, von denen zwei, der Punhamuidda und Unalavquen als thätig bekannt sind.

Die wichtigsten unter den 24 Vulcanen*) der Chilener Reihe sind aber folgende: Der Insel Chiloë gegenüber liegen von S. nach N. die drei Vulcane Yanteles, Corcobado und Minchinmadom, von welchen der erstere 6300, der zweite über 7000 F. hoch ist. Dann folgt in Araucania der Vulcan von Osorno, welcher nach Pöppig bisweilen Dampfwolken ausstösst. Weiterhin sind noch besonders zu erwähnen der schön gestaltete, weit über die

*) So viele führt Leopold v. Buch nach der Charte von Brué an; auf der von Darwin in *Trans. of the geol. soc. 2. series, V, pl.* 49 mitgetheilten Charte sind vom Yanteles bis zum Aconcagua nur 13 Vulcane angegeben.

Schneegränze aufsteigende und unaufhörlich dampfende Vulcan von Villarica, einer der grossartigsten Vulcane der ganzen Reihe, welcher jedoch nicht auf dem Kamme, sondern am westlichen Fusse der Andes liegt; der durch Pöppig genauer bekannt gewordene Vulcan von Antuco, einer der spitzesten Kegel, aus dessen kleinem Krater fortwährend Dampfsäulen aufsteigen; der Vulcan von Peteroa, gleichfalls über die Schneegränze aufragend und unaufhörlich dampfend, der eben so thätige von Meyen erstiegene Maypu, und endlich der Aconcagua, dieser höchste Berg Chiles, welcher bis zu 21770 F. aufsteigt und nach Darwin wirklich als ein Vulcan zu betrachten ist*).

Ein Zwischenraum von 11 Breitengraden oder 165 Meilen trennt die Chilener Reihe von der Vulcanreihe Bolivias und Perus, und wohl dürfte es, wie Meyen vermuthet, dem Mangel an Vulcanen zuzuschreiben sein, dass gerade dieser Landstrich so häufig von den furchtbarsten Erdbeben heimgesucht wird. Die Vulcanreihe Bolivias beginnt ungefähr unter 21°½ lat. Süd und zieht sich in einer, der Küstenbiegung bei Arica entsprechenden, zuletzt nach NW. gekrümmten Linie bis unter den Parallel von 16°, so dass die ganze Reihe wenigstens 85 Meilen lang sein dürfte; doch begreift sie nur etwa 8 bis 9 Vulcane, unter welchen der südlichste der Vulcan von Atacama, der nördlichste der Vulcan Chuquibamba ist.

Auf den ersteren folgt der Sehama oder der Vulcan von Gualatieri, nach Pentland einer der regelmässigsten abgestumpften Kegelberge, welcher 4500 F. hoch über das Sandsteinplateau von Turco aufragt, aber eine absolute Höhe von ungefähr 20600 F. erreicht, daher fast ganz mit Schnee bedeckt ist. Weiter nördlich folgen die Vulcane von Chungara, von Chipicani, von Omate, von Ubinas und dann der beständig thätige Guagua-Putina oder Vulcan von Arequipa, gleichfalls ein sehr regelmässig gestalteter Kegel von mehr als 17200 F. Höhe.

Die geradlinige Entfernung des Chuquibamba, als des nördlichsten Vulcans von Peru, vom Sangay, als dem südlichsten Vulcan von Quito, beträgt ungefähr 225 Meilen. Die Reihe von Quito aber begreift vom Sangay bis zum Tolima 17 Vulcane, und erstreckt sich in der Richtung von SSW. nach NNO. etwa 105 Meilen weit. Sie ist jedoch eigentlich eine Doppelreihe, weil die Vulcane auf den beiden Parallelketten vertheilt sind, welche das Plateau von Quito einschliessen; indessen wird die

*) Darwin a. a. O. p. 610 und 611, wo eine Eruption des Aconcagua nach den Aussagen eines glaubwürdigen Augenzeugen erwähnt wird. Auch sind auf Darwins Charte nördlich vom Aconcagua noch 3, auf Brué's Charte sogar noch 5 Vulcane angegeben, bis in die Breite von Coquimbo und Copiapo, welche jedoch noch fernerer Bestätigung bedürfen.

westliche Reihe bis zum Pichincha nur durch diesen und den Carguairazo vertreten, so dass dieselbe gewissermaassen da anfängt, wo die östliche Reihe aufhört.

Zur östlichen Reihe gehören der 16080 F. hohe, beständig dampfende und eigentlich schon auf der Ostseite der inneren Kette liegende Sangay, dann der 15264 F. hohe Tunguragua, der 17900 F. hohe, durch seine spitze Kegelform ausgezeichnete und fortwährend thätige Cotopaxi, der Sinchulagua, der fast 18000 F. hohe und gleichfalls sehr regelmässig kegelförmige Antisana, und der Guachamayo. Dem Tunguragua gegenüber erhebt sich auf der westlichen Kette, ganz nahe beim Chimborazo, der 14700 F. hohe Carguairazo, dessen Gipfel im Jahre 1698 zusammengebrochen ist.

Aber erst nördlich von der Stadt Quito beginnt eigentlich die westliche Reihe mit dem 17600 F. hohen Pichincha, auf welchen der Imbaburu bei Ibarra, der Vulcan von Chiles und der mit ihm zusammenhängende 14700 F. hohe Cumbal, der Azufral und endlich der schon auf der Westseite der Andeskette liegende, 12600 F. hohe Vulcan von Pasto folgt.

Nördlich von Pasto theilt sich das Andesgebirge in drei Ketten; im Gebiete der mittleren Kette, jedoch schon auf ihrem westlichen Abhange, erheben sich bei Popayan die Vulcane Sotara und Puracé, und endlich am Quindiupasse der 16900 F. hohe Vulcan von Tolima; am Anfange der innersten östlichen Kette aber ragt tief landeinwärts der stets dampfende Vulcan de la Fragua auf.

Von denen in der Umgebung Südamerikas auftretenden Vulcanen sind zuvörderst die im Jahre 1836, zwischen Valparaiso und der Insel Juan Fernandez, mitten aus dem Meere aufgestiegenen drei vulcanischen Inseln zu erwähnen, von denen aber die beiden südlichen bald wieder zerstört wurden.

Sehr bedeutend aber ist die, weit westlich von Quito im grossen Ocean liegende Inselgruppe der Galapagos, welche zuletzt von Darwin ausführlich beschrieben worden ist. Alle diese Inseln sind vulcanischer Natur und (Towers-Insel ausgenommen) mit zahlreichen Krateren besetzt, von denen sich zwei auf Albemarle und Narborough noch in voller Thätigkeit befinden; einer der Kratere von Albemarle hat $^2/_3$ Meile im Durchmesser. Nach Darwin soll sich die Zahl aller Kratere, die kleinsten mit gerechnet, auf 2000 belaufen.

Während die Galapagos eine ausgezeichnete Vulcangruppe darstellen, so tritt dagegen in den Kleinen Antillen eine entschiedene Vulcanreihe auf, welche einer gekrümmten, nach Osten convexen Linie folgt, die von der grössten und mittelsten Insel Martinique aus einerseits in der Richtung SSW. gen S. durch Santa-Lucia, St. Vincent nach Grenada, anderseits in der Richtung NNW. und NW. durch Dominica, Guadeloupe, Montserrat, Nevis

und St. Christoph nach St. Eustatius verläuft, etwa 90 Meilen Länge hat, und gleichsam eine vulcanische Kette bildet, durch welche die ostwestlich laufenden Gebirge der Küstenkette von Venezuela und der grossen Antillen mit einander in Verbindung gesetzt werden *).

§. 42. *Vulcane Nordamerikas.*

Nordamerikas Vulcane concentriren sich hauptsächlich in zwei, sehr weit aus einander liegenden Gegenden des Erdtheils; die eine ist jener grosse, nach SO. halbinselartig hinausgestreckte Fortsatz von Mexico und Centro-Amerika, durch welchen sich weiterhin die Verbindung mit Südamerika herstellt; die andere vulcanische Region liegt hoch oben im Nordwesten, auf der Halbinsel Aläska und der Kette der Alëuten. Zwischen diesen beiden Regionen kommen noch einzelne, aber zum Theil etwas zweifelhafte Vulcane vor. Die im Süden auftretenden Vulcane erscheinen in zwei Reihen gruppirt, in der grossen und sehr zahlreichen Reihe von Centro-Amerika und in der kleineren Reihe von Mexico.

Vulcanreihe von Centro-Amerika.

Diese Reihe, deren genauere Kenntniss man vorzüglich dem Obersten Galindo verdankt, beginnt mit dem Vulcan Irasu bei Cartago, unter lat. 9° 35′ N. und long. 86° 11′ W. von Paris, und erstreckt sich bis zum Vulcane Soconusco am Golf von Tehuantepec, unter lat. 15° 54′ und long. 96° 8′ W. Die allgemeine Richtung derselben fällt also vom Irasu aus fast genau mitten zwischen NW. und WNW., und ihre Verlängerung über den Soconusco trifft eben so genau auf den Vulcan Popocatepetl, als den Centralpunct der Mexicanischen Reihe. In gerader Linie gemessen beträgt ihre Länge 170 Meilen; doch ist solche etwas grösser, weil die Reihe nicht ganz geradlinig, sondern in einem etwas undulirten Bogen auf der Nordostseite jener Linie verläuft, welche daher gewissermaassen als die Sehne dieses Bogens zu betrachten ist, dessen grösster, etwa 22 Meilen betragender Abstand von ihr im Vulcan Guanacaure erreicht wird. In dieser Vulcanreihe kennt man gegenwärtig 38 Vulcane, welche sich besonders am See von Nicaragua und westlich von der Stadt Guatemala zusammen drängen, übrigens aber theils am Fusse, theils auf dem Rücken der Cordillere erheben, so dass sie nicht

*) Nach Darwin wird auch die, nordöstlich vom Cap Roque liegende Insel Fernando-Noronha von lauter vulcanischen Gesteinen gebildet. *Geol. Observ. on the volc. islands, p.* 23.

nur den allgemeinen Verlauf dieser Gebirgskette, sondern auch den der Südwestküste von Centro-Amerika bestimmen. Nächst der Insel Java dürfte sich nicht leicht in einer Gegend der Erde eine gleiche Concentration der Vulcane vorfinden.

Die wichtigsten derselben sind folgende: Im Staate Costarica liegen fast in einem Kreise um die Hauptstadt St. José 6 Vulcane, die nach Galindo zu den bedeutendsten Vulcanen Centro-Amerikas gehören, und unter welchen der Irasu und Chirripo durch die von ihnen ausgegangenen Erdbeben besonders berüchtigt sind. Weiterhin erheben sich auf der Cordillere an der Südseite des Sees von Nicaragua 6 Vulcane, von denen die beiden westlich gelegenen von Miraballes und Orosi als die ansehnlichsten zu betrachten sein dürften. Im See selbst liegt östlich von der Stadt Nicaragua die Insel Ometepe mit einem unaufhörlich arbeitenden Vulcane. Zwischen Nicaragua und der Hafenstadt Realejo folgen abermals 6 Vulcane, unter denen besonders die von Masaya, von Momotombo und del Viejo zu erwähnen sind, von denen der erstere zwar klein ist, aber in früheren Zeiten der thätigste unter allen dortigen Vulcanen gewesen sein soll, während der letztere aus der Ebene 9000 F. hoch aufsteigt und von Galindo zu den ausgezeichnetsten Vulcanen der ganzen Reihe gerechnet wird. Von den noch übrigen 3 Vulcanen des Staates Nicaragua ist der nur 500 F. hohe Cosiguina wegen seines fürchterlichen Ausbruchs im Jahre 1834, der Guanacaure aber wegen seiner, von der Hauptrichtung der ganzen Reihe am meisten nach NO. abweichenden Lage zu erwähnen; eine Position, welche sowohl dem stumpfen Winkel der Südwestküste Centro-Amerikas im Golfe von Amapala, als auch dem rechten Winkel der Mosquito-Küste entspricht.

Westlich vom Meerbusen Amapala liegen bis zur Stadt Guatemala in verschiedenen Abständen von einander 6 Vulcane, von denen der erste, der Vulcan von San Miguel sehr gross und sehr thätig, der vierte, der Vulcan Isalco bei Sonsonate zwar nicht sehr hoch, aber sehr oft im Zustande der heftigsten Aufregung sein soll; welches letztere auch vom sechsten, dem Vulcan de Pacaya gilt.

Westlich von Guatemala beginnt die, innerhalb einer Länge von 18 Meilen aus 10 Vulcanen bestehende Reihe, deren Berge mit als die höchsten in Centro-Amerika gelten, und grossentheils gegen 12000 F. Höhe erreichen; zu ihnen gehören unter andern der, Guatemala zunächst liegende Volcan d'Agua, deshalb so genannt, weil er bis jetzt nur Wasser-Eruptionen gezeigt hat; ferner die Vulcane von Atitlan und Tajamulco, und die beiden westlichsten Vulcane de las Amilpas.

Zuletzt, in 24 Meilen Entfernung von den letzteren, erhebt sich der spitz kegelförmige Vulcan von Soconusco, mit welchem die Vulcanreihe von Centro-Amerika zu Ende geht.

Vulcanreihe von Mexico.

Genau in der verlängerten Richtung der Reihe von Centro-Amerika, und 85 Meilen entfernt vom Vulcan von Soconusco steigt auf dem Mexicanischen Plateau der 16600 F. hohe Vulcan Popocatepetl, der höchste

unter allen bekannten Bergen Mexicos auf, welcher zugleich den Centralpunct der dortigen Vulcanreihe bildet. Diese Reihe hat eine fast genau ostwestliche Richtung, eine Länge von 119 Meilen, und enthält in dieser Distanz 6 Vulcane, zu welchen sich noch ausserdem der, ein paar Meilen nördlich vom Popocatepetl liegende erloschene Vulcan Istaccihuatl gesellt. Merkwürdig ist es, dass die Verlängerung dieser vulcanischen Linie ostwärts längs der Küste von Tabasco, quer durch die Basis der Halbinsel Yucatan über Jamaica, Haiti und Portorico nach dem nördlichsten Vulcane der Antillen, westwärts dagegen auf die vulcanischen Revilla-Gigedos-Inseln und die kleine Insel Santa-Rosa verweist, deren Beschaffenheit freilich noch unbekannt ist*).

Die Vulcanreihe beginnt im Osten, südöstlich von Vera-Cruz, nicht weit von der Küste des Mexicanischen Meerbusens mit dem zwar kleinen, aber durch seinen grossen Ausbruch vom Jahre 1793 bekannten Vulcan von Tuxtla. Westlich von Vera-Cruz liegt der 16300 F. hohe, durch seinen stark abgestumpften Gipfel und weithin sichtbaren Krater ausgezeichnete Vulcan Citlaltepetl, von welchem 8 Meilen nördlich bei Xalapa der Cofre de Perote, ein hoher Trachytberg mit Lavaströmen an seinem Fusse aufragt. Dann folgt 10 Meilen südöstlich von der Stadt Mexico der colossale Popocatepetl (mit dem nördlich vorliegenden Istaccihuatl) und südwestlich von selbiger der erloschene Vulcan von Toluca. Erst 22 Meilen westlich von diesem ragt der im Jahre 1759 entstandene Vulcan Iorullo auf, welcher 4000 F. absolute und 1480 F. eigenthümliche Höhe hat. Endlich schliesst die Reihe im Westen mit dem öfters dampfenden und Asche auswerfenden 11260 F. hohen Vulcan von Colima.

Zwischen dem Colima und der Halbinsel Aläska sind in dem durch 40 Breitengrade und über 50 Längengrade fortlaufenden paralischen Landstriche nur wenige Vulcane bekannt, welche jedoch auf eine unterirdische Fortsetzung der grossen Spalte schliessen lassen, aus der die Vulcane von Centro-Amerika hervorgetreten sind.

Auf der Halbinsel Californien soll unter 28° nördl. Br. der Vulcan de las Virgines liegen, und im Oregon-Gebiete werden nach Gardner südlich und nördlich vom Columbiaflusse die Vulcane Hood und St. Helens angegeben. Weiter nördlich sah Lisiensky nahe bei der Insel Sitka einen vulcanischen Berg über 2600 F. hoch aus dem Meere aufragen, und der 13800 F. hohe Cerro de Buen Tiempo so wie der

*) Zur Einprägung ihrer Positionen mag noch erwähnt werden, dass die vulcanische Insel Hawai, die nördlichsten Vulcane der Marianen und die nördlich vor Luzon liegenden Vulcane gleichfalls im Parallel der Mexicanischen Vulcanreihe liegen, während die Capverdischen Inseln nur einige Grade südlich von dieser Linie auftauchen.

16800 F. hohe Eliasberg auf dem Festlande von Russisch Nordamerika werden gleichfalls mit vieler Wahrscheinlichkeit für Vulcane gehalten.

An der Westküste von Cooks Einfahrt liegt der hohe Pik Ilämän, den schon Vancouver für einen Vulcan erkannte, was später vom Admiral Wrangell bestätigt worden ist, der auch die Höhe desselben zu 11320 P. F. bestimmte*).

Vulcanreihe der Aleuten.

Der Ilämän verweist uns auf die Halbinsel Aläska, an deren südwestlicher Spitze eine Vulcanreihe beginnt, welche fast durch die ganze Kette der Aleuten fortsetzt, und durch die grosse Anzahl ihrer Vulcane an die Reihen der Sunda-Inseln und Centro-Amerikas erinnert. Diese Reihe enthält nämlich 36 Vulcane; sie läuft von Aläska aus anfangs in der Richtung WSW. wendet sich aber allmälig immer mehr in West, so dass sie zuletzt in dieser Richtung mit der Insel West-Sitkin zu Ende geht. Die Länge der ganzen Reihe lässt sich ungefähr auf 170 Meilen veranschlagen; denn auf den weiterhin noch folgenden Inseln so wie auf der bei Kamtschatka liegenden Kupferinsel und Beringsinsel kennt man keine Vulcane, obgleich sie ebenfalls häufigen Erdbeben unterworfen sind. Nach Wrangell ist übrigens gegenwärtig der Vulcanismus im westlichen Theile der Aleutischen Vulcanreihe weit weniger thätig, als im östlichen Theile.

Auf der Halbinsel Aläska sind nur 3 Vulcane bekannt, welche ziemlich nahe beisammen liegen. Die zunächst angränzende langgestreckte Insel Unimack enthält wenigstens 6 Vulcane, unter denen der majestätische spitze Kegel des Progromnoi, ganz vorzüglich aber der Schischaldin zu nennen ist, dessen Höhe Lütke zu 8400 F. bestimmte, und welcher noch im jetzigen Jahrhundert zu wiederholten Malen eine grosse Thätigkeit gezeigt hat. Nun folgen die Inseln Akuna, Akutan und Unalaschka, alle drei mit Vulcanen, von denen zumal der auf der letzten Insel 5136 F. hoch aufragende und fast immer thätige Makuschin erwähnt zu werden verdient. Nördlich von Umnak liegt die merkwürdige, erst im Jahre 1796 entstandene Insel Joanna Bogosslowa, welche noch im Jahre 1819 einen Umfang von einer deutschen Meile und eine Höhe von 2100 F. hatte. Die Insel Umnak selbst trägt zwei brennende Vulcane. Unter den noch folgenden Inseln aber sind besonders die mit drei Vulcanen besetzte Insel Atka so wie die Inseln Kanjaga, Tanjaga und Ostrowa-Goreloi zu merken, deren jede einen ausserordentlich grossen und hohen Vulcan enthält.

*) Baer und Helmersen, Beiträge zur Kenntniss des Russischen Reichs; B. I, S. 169. Die daselbst angegebene Höhe von 12066 F. bezieht sich auf Englische Fuss.

§. 43. *Vulcane Australiens, der Polarländer und des grossen Oceans.*

Australischer Vulcangürtel.

Das Continent Australien wird zwar zum Theil schon auf seiner Nordseite von dem Ostasiatischen Vulcangürtel umgeben, dessen merkwürdiger Wendepunct der Halbinsel Coburg gerade gegenüber liegt. Allein ausserdem zieht sich auf der Nord- und Ostseite des Continentes in ansehnlicher Entfernung ein vulcanischer Gürtel hin, welcher, freilich mit sehr bedeutenden Unterbrechungen, von Neu-Guinea über die Neuen Hebriden bis nach Neuseeland zu verfolgen ist, sich mit der Westspitze Neu-Guineas an den Ostasiatischen Vulcangürtel anschliesst, und in ähnlicher Weise zu Australien wie dieser zu Asia verhält, weshalb er auch der Australische Vulcangürtel genannt werden kann.

Den nordwestlichsten Anfangspunct dieser Reihe bildet der von Dampier auf der westlichen Spitze von Neu-Guinea gesehene Vulcan. Ein bedeutender Zwischenraum trennt ihn von ein paar anderen, an der Nordseite derselben grossen Insel liegenden Vulcanen. Weiterhin kennt man zwei Vulcane, von denen sich der eine vor der Westspitze, der andere auf der Ostküste von Neu-Britannien erhebt. Längs der Salomons-Inseln folgt ein neuer Zwischenraum bis zum Sesarga, welcher nach Shortland höher als der Pik von Teneriffa sein soll. Dann folgen: in der Gruppe von Santa-Cruz die kleine nur 200 F. hohe Insel Volcano, unter den Neuen Hebriden die beiden Inseln Ambrym und Tanna, und noch weiter südlich der Vulcan Mathew. Ein abermaliger sehr grosser Zwischenraum trennt die letztere Insel von Neuseeland, dessen nördlicher Insel der Vulcan White-Island vorliegt, während auf derselben der jetzt erloschene und mit Schnee erfüllte Vulcan Egmont nach Dieffenbach 8290 F. hoch aufragt; einen zweiten Vulcan Namens Tongariro, dessen Höhe derselbe Beobachter zu 5630 F. bestimmt, fand Bidwell in voller Thätigkeit.

Vulcane der nördlichen Polarländer.

In Grönland ist bis jetzt noch kein Vulcan nachgewiesen worden. Dagegen ist die, Grönland am nächsten liegende Insel Island durchaus vulcanisch, und wenn sich auch auf ihr vulcanische Ausbrüche im Allgemeinen seltener ereignen, als z. B. am Vesuv oder Aetna, so zeigen sie doch gewöhnlich eine ausserordentliche Grösse und Heftigkeit. Der 4800 F. hohe Hekla ist noch der thätigste Vulcan, während sich die übrigen, wie z. B. der Scaptar-Jökul, der Oeräfa-Jökul, der Herdubreid, der Leinrhnukur, der Trolladyngiur äusserst selten in Aufregung befinden, der Snaefells-Jökul aber sogar seit Menschengedenken ohne Eruption gezeigt hat. Der so oft als Vulcan aufgeführte Krabla ist nach Sartorius v. Waltershausen irrigerweise

dafür gehalten worden, und nur ein aus Palagonittuff bestehender Berg*). Die meisten Isländischen Vulcane und die zahlreichen sie begleitenden Eruptionskegel sind in der Richtung SSW. — NNO. geordnet, durch welche also die Lage jener grossen Eruptionsspalten bezeichnet wird, die auf dieser Insel eine bleibende Communication des Erdinnern mit der Erdoberfläche vermittelt haben.

Genau dieselbe Richtung ist es auch, in welcher weiter nach Norden, unter lat. 70° 50′, die vulcanische Insel Jan-Mayen auftaucht, welche im Beerenberge die Höhe von 6450 F. erreicht.

Vulcane der südlichen Polarländer.

Unweit der Küsten von Victorialand entdeckte James Ross (ausser zweien unter 71° 56′ südl. Breite liegenden vulcanisch gebildeten Inseln) in der Nähe des magnetischen Südpols, unter 77½°, zwei sehr grosse Vulcane, welche er nach den Namen seiner Schiffe Erebus und Terror benannte; den ersteren, von 11700 F. Höhe, sah er in voller Thätigkeit, während der andere, 10200 F. hohe, erloschen zu sein schien. Eben so hat Bellingshausen an der Küste von Alexandersland unter 69°, und Balleny auf der Youngs-Insel unter 66° 4′ einen Vulcan gefunden**).

Vulcane im Grossen Ocean.

Ausser den vielen im grossen Ocean liegenden Vulcanen, welche, weil sie dem Asiatischen oder Australischen Vulcangürtel angehören, oder auch in der Nähe Amerikas liegen, schon im Vorhergehenden erwähnt wurden, giebt es auch mehre vulcanische Inseln, welche in so grosser Entfernung von allen Continenten gelegen sind, dass sie mit keinem derselben in eine bestimmte Beziehung gebracht werden können. Dahin gehören die Sandwichinseln, die freundschaftlichen und Societäts-Inseln, die Marquesas-Inseln und die Osterinsel.

Die Sandwichinseln sind fast alle von durchaus vulcanischer Natur, indem nur an einigen derselben, wie z. B. an Oahu, auch die Korallengebilde einen Antheil haben. Die grösste Insel Hawai ist zugleich die höchste unter allen bekannten (und bis jetzt hypsometrisch erforschten) Inseln, da sie im Mauna-Roa

*) Physisch-geognostische Skizze von Island, 1847, S. 111.

**) Die Insel Sawadowski, eine der Traversey-Inseln, trägt nach Bellingshausen einen dampfenden Vulcan, unter 56° 18′ S. Br. und 27° 28′ 53″ W. L. von Greenwich; auch auf der Saunders-Insel vermuthet er einen Vulcan. Erman's Archiv, Bd. II, 1842, S. 134.

14900 F., also höher als der Montblanc aufragt*). Dieser mit ewigem Schnee bedeckte Berg ist zwar vulcanischer Entstehung, aber ohne thätigen Krater auf seinem Gipfel; dafür liegt auf seinem nordöstlichen Abhange in 3630 F. Höhe der ungeheure elliptische Krater Kiraue a, von fast ³/₄ Meilen grösstem Durchmesser, in dessen Tiefe sich förmliche Seen von glühender Lava ausbreiten, und unaufhörliche Ausbrüche ereignen. Ausserdem liegen auf Hawai noch zwei thätige Vulcane, der Mauna-Hararai, 10390 F. hoch, und der Ponahohoa.

Von den freundschaftlichen Inseln sind Tufoa, Oghao oder Koa und Amargura vulcanisch, und von den weiter östlich liegenden Societäts-Inseln trägt Otaheiti den zwar ruhenden aber sehr grossartigen und nach Forster 11500 F. hohen Vulcan Tobreonu.

Auch die nordöstlich von Otaheiti liegenden Marquesas-Inseln scheinen zum Theil vulcanisch zu sein; namentlich wird der auf Ohiwaua fast 3000 F. hoch aufragende Berg für einen Vulcan gehalten.

Endlich ist auch die ganz einsam im Ocean liegende Osterinsel nach Beechey mit einem Krater versehen, obgleich sich ihr höchster Gipfel nur etwas über 1100 F. erhebt.

§. 44. *Folgerungen.*

Die bisherige Schilderung der verschiedenen Vulcanreihen unsers Planeten gewährt uns nicht nur eine allgemeine Uebersicht der Topographie der Vulcane, sondern auch eine angemessene Vorstellung von der Grossartigkeit und Allgegenwart der Ursache des Vulcanismus, deren Sitz wir nothwendig in grosser Tiefe überall anzunehmen genöthigt sind. In dieser Hinsicht ist die topographische Thatsache der Vulcanreihen als eine sehr bedeutungsvolle, mit der innersten Natur des Planeten im genauesten Zusammenhange stehende Erscheinung zu betrachten.

Wir sehen die Vulcane in allen Erdtheilen, unter allen geographischen Breiten, unter dem Aequator, wie nahe an den Polen, in der heissen, wie in den gemässigten und kalten Zonen auftreten; wir sehen, dass sie an kein Klima gebunden sind; denn auf Island, in Kamtschatka und auf den Aleuten existiren sie eben so zahlreich zwischen 50 und 66° Breite, als auf den Sunda-Inseln, auf den Galapagos und in Quito zwischen 0° und 10° Breite; wir sehen sie aber ganz vorzüglich an den Küsten der Continente oder aus den Tiefen des Oceans aufsteigen, zum Beweise, dass dort die Bedingungen zu ihrer Ausbildung und Wirksamkeit vor-

*) Nach Chevalier's Messung; frühere Angaben sind weit geringer, und auch Wilkes bestimmt ihn nur zu 12380 Fuss. Dem nächst höheren Berge Mauna-Koa giebt Chevalier die Höhe von 13140 F., während ihn Douglas für den höchsten Berg der Insel erklärte.

zugsweise gegeben sein müssen. Wir schliessen aus diesem Allen, dass die materielle Ursache des Vulcanismus wohl überall in den Erdtiefen vorhanden sein wird, wenn sie auch nur längs gewisser Striche oder an gewissen Puncten zum Ausbruche gekommen ist*).

Wenn nun aber die hauptsächliche und besonders charakteristische Thätigkeit der Vulcane doch unbestreitbar in der Ergiessung feurigflüssiger Lava oder in der Ausschleuderung erstarrter Lavatheile in der Form von Schlacken, Sand und sogenannter vulcanischer Asche besteht, und wenn diese ihre Producte auf der ganzen Erde eine grosse allgemeine Aehnlichkeit erkennen lassen; was ist da wohl natürlicher, als die Annahme, dass das allgemeine Vorhandensein solches feurigflüssigen Materials in den Erdtiefen die eigentliche Ursache des Vulcanismus sei? — Ja, die Lavaquellen der Vulcane, sie liefern uns in der That die letzten Glieder jener Temperaturscala, deren erste Glieder wir fast in jeder Wasserquelle zu erkennen vermögen (§. 28); sie verbürgen uns die Wahrheit der geologischen Hypothese, dass sich das Innere unseres Planeten noch im feurigflüssigen Zustande befindet, während uns der feste Boden der Continente die beruhigende Gewissheit verschafft, dass uns eine mächtige und an ihrer Oberfläche längst abgekühlte Erstarrungskruste von den glühenden Abgründen der Tiefe trennt.

Die geographische Vertheilung der Vulcane giebt uns aber noch weitere Winke über die wahrscheinliche Natur des Erdinnern. Das Dasein so langgedehnter und vielfach zusammengesetzter Vulcanreihen, wie wir sie im Ostasiatischen Vulcangürtel kennen gelernt haben; die Gruppirung anderer Reihen, wie z. B. der drei Südamerikanischen Reihen und der Reihe von Centro-Amerika, zu grösseren linearen Systemen; sie lassen die Ansicht wenig haltbar erscheinen, dass die Ursache des Vulcanismus in einzelnen, hier und da innerhalb der starren Erd-

*) Viele ganz abenteuerliche Ideen über den Vulcanismus überhaupt und über die topographische Vertheilung der Vulcane insbesondere finden sich in dem 3 Bände starken Werke: *Théorie des volcans par de Bylandt-Palstercamp*, *Paris* 1835. Der Verf. meint, alle vulcanische Thätigkeit entstehe aus der Verbindung des Aethers, des Wärmestoffs und des Lichtes mit dem elektrischen und magnetischen Fluido, welche zusammen das *fluide volcanique* bilden. Dasselbe folgt dem Laufe der Sonne und durchläuft im Innern der Erde einen Parallelkreis der Ekliptik, ist übrigens besonders an zwei Centralpuncten zum Ausbruch gekommen, deren einer im Caribischen Meere südlich von Jamaica, der andere im Archipelagus der Molukken bei Celebes liegt; sie werden als *foyer central occidental* und *oriental* unterschieden. Von ihnen aus denkt sich der Verf. Linien von 10 zu 10 Grad gezogen und behauptet, dass solche sehr nahe mit der Richtung der Nebenströme des vulcanischen Feuers zusammenfallen. Ausserdem spielt noch der Winkel von 5° eine grosse Rolle.

kruste abgesperrten Bassins von feurigflüssigem Material zu suchen ist. Denn man begreift in der That nicht, woher diese Reservoirs jene, mit ihrer Längenausdehnung übereinstimmende Reihung erhalten haben sollen; ganz abgesehen davon, dass es schwer einzusehen ist, wie sich bei dem sehr langsam von aussen nach innen fortschreitenden Erstarrungsprocesse der Erdkruste da und dort grosse Massen, gleichsam unterirdische Meere des feurigflüssigen Materials, flüssig erhalten konnten, während unterhalb ihrer die Erstarrung bis auf sehr grosse Tiefe ihren weitern Fortgang nahm. Daher können wir uns der oben im §. 30 erwähnten Ansicht von Hopkins nicht anschliessen, sondern halten es für weit wahrscheinlicher, dass es die allgemein verbreitete feurigflüssige Masse des Erdinnern ist, welche die Erscheinungen des Vulcanismus bedingt, und dass, wie Cordier bemerkt*), die vulcanischen Zonen längs derjenigen Striche und Linien vorkommen, wo die Erdkruste die geringste Dicke besitzt und daher auch den kleinsten Widerstand zu leisten vermag.

Was endlich die muthmaassliche Dicke der starren Erdkruste oder des Firmamentes betrifft, welches den feurigflüssigen Kern unsers Planeten umschliesst, so dürfte sich gleichfalls schon aus den Dimensionen der Vulcanreihen ein Zweifel gegen die von Hopkins erschlossene bedeutende Grösse derselben ableiten lassen**). Jeder Vulcan ist ein Canal, durch welchen das Innere des Planeten mit seiner Oberfläche in Verbindung steht. Wenn wir uns nun die Ausbildung eines solchen Canales überhaupt auf gar keine andere Weise denken können, als dadurch, dass die Erdkruste in ihrer ganzen Mächtigkeit gespalten wurde, so wird eine so entstandene Spalte natürlicherweise eine sehr bedeutende, eine der Dicke der Erdkruste angemessene Länge haben müssen. Es ist gewiss nicht anzunehmen, dass eine solche Spalte eine geringere Länge als Tiefe besitze, vielmehr wird jene in der Regel weit grösser sein als diese. Wir können also auch aus der Länge gewisser Vulcanreihen einigermaassen auf die ungefähre Dicke der starren Erdkruste schliessen.

Die sehr stetige Vulcanreihe der Halbinsel Kamtschatka und der Kurilen ist 230 Meilen, und die gleichfalls sehr stetig ausgebildeten Rei-

*) *Annales des mines*, 2. *série*, *t. II*, 1827, *p*. 133.

**) Denn noch andere Zweifel ergeben sich aus der Erschütterungsfähigkeit der Erdkruste und aus den Dimensionen der Hebungsgebiete und Senkungsgebiete, welche letztere besonders durch die Verhältnisse der Coralleninseln im grossen Ocean nachgewiesen worden sind.

hen von Centro-Amerika und der Aleuten sind eine jede 170 Meilen lang. Obgleich sich nun voraussetzen lässt, dass die ihnen entsprechenden Spalten der Erdkruste im geschlossenen Zustande noch weiterhin fortsetzen, so sind sie doch nur in der angegebenen Länge so weit geöffnet worden, um die Ausbildung permanenter Eruptionscanäle zu ermöglichen. Es hat aber in der That wenig Wahrscheinlichkeit für sich, und wird auch von Hopkins bezweifelt, dass bei einer Dicke der Erdkruste von 200 Meilen irgendwo ein permanenter Eruptionscanal bestehen könne. Da nun die in geringerer Tiefe vorausgesetzten unterirdischen Lava-Reservoirs gleichfalls sehr unwahrscheinlich sind, so bleibt uns nichts Anderes übrig, als die Annahme, dass die Erdkruste selbst eine weit geringere Dicke habe. Die Vulcangruppen, welche sich auf den Kreuzungspuncten mehrer kurzen Spalten gebildet haben, dürften eine noch weit auffallendere Bestätigung für diese Annahme liefern.

Nach diesem Allen lässt sich schon aus den topischen Verhältnissen der Vulcane das wahrscheinliche Resultat folgern, dass die Dicke der starren Erdkruste vielleicht nirgends über 50 Meilen beträgt, und dass die Massen des unter dieser Kruste überall befindlichen feurigflüssigen Erdkernes als die eigentliche materielle Ursache der vulcanischen Phänomene zu betrachten sind.

B. Wirkungen der Vulcane.

a) Wirkungen im Zustande der Ruhe.

§. 45. *Aushauchungen von Dämpfen und Gasen.*

Auch die thätigen Vulcane befinden sich keinesweges fortwährend in jenem Zustande gewaltiger Aufregung, welcher sich durch die eigentlichen Eruptionen zu erkennen giebt; vielmehr ist ihre gewöhnliche Thätigkeit eine sehr gemässigte, ohne von gewaltsamen Erschütterungen der Umgegend, ohne von verheerenden Explosionen vulcanischer Schuttmassen und von Ergiessungen wirklicher Lavaströme begleitet zu sein. Diese heftigen Paroxysmen treten nur dann und wann ein; oft vergehen sehr lange Perioden von einer Eruption zu der andern, und Fr. Hoffmann bemerkt sehr richtig, dass die Eruptionen, obgleich solche von dem Wesen eines Vulcans unzertrennlich sind, doch mehr zu den Ausnahmen

als zu der Regel gehören*). Wir haben daher auch bei den thätigen Vulcanen zwei wesentlich verschiedene Zustände zu unterscheiden, den Zustand der Ruhe und den Zustand der Aufregung.

Die während des Zustandes der Ruhe Statt findenden Erscheinungen lassen sich besonders als Exhalationen von Dämpfen und Gasen, als Ejectionen von Schlacken, als Oscillationen der Lavasäule im Kraterschachte, zuweilen auch als ein ruhiges Ausfliessen kleiner Lavaströme bezeichnen.

Eine entweder ununterbrochene oder periodische Aushauchung von Gasen und Dämpfen, theils aus dem eigentlichen Kraterschachte, theils aus Schlünden und Spalten des Kraterbodens ist eine bei jedem noch thätigen Vulcane vorkommende Erscheinung, wenn auch die übrigen Erscheinungen nicht mehr zu beobachten sein sollten. Sie ist das allgemeinste Merkmal der noch wirklichen Fortdauer seiner Thätigkeit, die schwächste, und in vielen Fällen die letzte Regung des vulcanischen Lebens. Daher gilt die beständig dampfende Solfatara bei Puzzuoli unweit Neapel für einen noch thätigen Krater, obgleich gegenwärtig siebentehalb Jahrhunderte seit der letzten Eruption im Jahre 1198 verflossen sind.

Wasserdampf bildet bei weitem das vorwaltende Material dieser Exhalationen, zugleich auch das Vehikel für viele andere flüchtige oder verflüchtigungsfähige Stoffe; und gewiss ist es eine eben so überraschende als bedeutungsvolle Erscheinung, dass die meisten vulcanischen Schlünde fortwährend eine Menge Wasser in der Form von Dämpfen ausstossen. Diese Dämpfe liefern, zugleich mit anderen flüchtigen Elementen der Unterwelt, die sogenannten Fumarolen, bleiche Dampfstrahlen, welche zischend und brausend aus allen Spalten und Klüften der Kraterwände und des Kraterbodens hervorbrechen, sich hierauf zu einer einzigen Dampfwolke vereinigen, und endlich die dem Krater entsteigende hohe Rauchsäule bilden, durch welche sich die thätigen Vulcane schon aus grosser Ferne als solche zu erkennen geben. Dem Vorwalten des Wasserdampfes ist es auch zuzuschreiben, dass man sich in den Dampfwolken vieler Vulcane aufhalten kann, ohne weder durch widrigen Geruch noch durch gehemmte Respiration besonders belästigt zu werden.

*) „Ein blosses Flammenausbrechen, ein ungewöhnliches Aufsteigen von Dämpfen und Rauch, selbst ein Ueberfliessen und Herabstürzen von Lava vom Rande des Kraters sind Erscheinungen, welche auch der gewöhnliche Sprachgebrauch nicht als Eruptionen betrachtet. Wir können diese daher den ungewöhnlichen Zustand des Vulcans nennen.“ Leopold v. Buch, Geognost. Beob. II, S. 128.

Auf sehr hohen, und daher in kalte Luftschichten reichenden vulcanischen Gipfeln sieht man auch in der That bisweilen, wie sich die Dämpfe in den nach aussen geöffneten Spalten als tropfbarflüssiges Wasser niederschlagen; so z. B. in den Narines del Pico am Pik von Teneriffa. Breislak liess die Dämpfe einer starken Fumarole der Solfatara, Behufs der Wasserversorgung der dortigen Schwefelfabrik, in einem eigends erbauten Thurme wie in einem grossen Recipienten auffangen, wo sie sich zu Wasser condensirten; und Hoffmann berichtet, dass die Hirten auf der Insel Pantellaria die dortigen Fumarolen durch vorgelegtes Strauchwerk zum Niederschlage bringen, um Wasser für ihre Ziegen zu gewinnen.

Allein ausser dem Wasserdampf hauchen die Vulcane noch manche andere Dämpfe und Gase aus; dahin gehören besonders Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure, Chlorwasserstoffsäure, Kohlensäure und Stickgas.

Schwefelwasserstoff ist wohl nächst dem Wasserdampfe der am häufigsten vorkommende Bestandtheil der vulcanischen Exhalationen, und die so gewöhnlichen, durch ihre grelle Farbe weithin sichtbaren Incrustate von Schwefel, welche in den Krateren der thätigen Vulcane angetroffen werden, sind wohl lediglich durch die Zersetzung dieses Gases gebildet worden. Von vielen Vulcanen wird dasselbe so reichlich ausgehaucht, dass es sich sofort durch seinen Geruch zu erkennen giebt; aber selbst wo diess nicht mehr der Fall ist, kann es bisweilen noch durch die dicken weissen Nebel erkannt werden, welche sich bei der Annäherung eines glimmenden Körpers, z. B. einer Cigarre oder eines Stückes Zunderschwamm bilden.

Da die so gewöhnliche Aushauchung von Schwefelwasserstoff und die davon abhängige Bildung von krystallinischem Schwefel, gleichwie in der Solfatara von Puzzuoli, so auch in den meisten, schon seit langer Zeit ruhenden Vulcanen Statt findet, so pflegt man wohl auch die in solchem Zustande befindlichen Vulcane überhaupt Solfataren zu nennen, wenn sich ihre Thätigkeit nur noch durch Aushauchung von Wasserdampf und Schwefelwasserstoff zu erkennen giebt.

Schwefelige Säure wird gleichfalls sehr häufig wahrgenommen, scheint aber nicht als solche dem Erdinnern zu entströmen, sondern erst im Krater, unter Einwirkung der atmosphärischen Luft, durch Verbrennung des Schwefelwasserstoffs, vielleicht auch gewisser in der Lava enthaltenen Schwefelmetalle gebildet zu werden*). Die so entstehende

*) Bischof, Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie, I, 647. Nach Boussingault hauchen die Vulcane Südamerikas zuweilen auch etwas Schwefeldampf aus.

schwefelige Säure giebt dann weiter die Veranlassung zur Bildung von Schwefelsäure und mancherlei schwefelsauren Salzen.

Chlorwasserstoff ist bei manchen Vulcanen ein häufiger Bestandtheil der Fumarolen; namentlich wird er vom Vesuv nicht selten ausgehaucht und auch am Aetna ist er von Daubeny nachgewiesen worden; dagegen fehlt er nach Boussingault gänzlich unter den Exhalationen der Südamerikanischen Vulcane. Er giebt sich sowohl durch seinen stechenden Geruch als auch durch die weissen Dämpfe zu erkennen, die bei seiner Verbindung mit Wasserdampf entstehen. Dass aber Chlor, wenn auch nicht bemerkbar, doch aus vielen Vulcanen entwickelt wird, diess beweist das gar nicht seltene Vorkommen von verschiedenen Chlor-Verbindungen, besonders von Salmiak und Kochsalz, welche mitunter als Sublimationsproducte auf den Kraterwänden und Lavaströmen in so grossen Quantitäten angetroffen werden, dass sie von den Bewohnern der Umgegend gesammelt und benutzt werden. Zu ihnen gesellen sich nicht selten Eisenchlorid und Kupferchlorid, wogegen Chlorblei nur als grosse Seltenheit erwähnt wird.

Kohlensäure ist nach Boussingault in den Exhalationen der Südamerikanischen Vulcane ein ganz gewöhnlicher und nächst dem Wasserdampfe der am meisten vorwaltende Bestandtheil. Bei anderen Vulcanen, wie z. B. am Vesuv, ist sie nur bisweilen nachgewiesen worden, obgleich sie sich nach Statt gefundenen Eruptionen häufig in seiner Umgegend entwickelt, auch in und bei den Krateren sehr vieler erloschener Vulcane ausserordentlich reichliche Ausströmungen von Kohlensäure fortwährend im Gange sind.

Die während und nach den Eruptionen des Vesuvs in der Gegend von Neapel vorübergehend eintretenden Aushauchungen von Kohlensäure werden dort Mofetten genannt, und es ist daher wohl auch dieser Name auf alle dergleichen von Vulcanen abhängige Kohlensäurequellen übertragen worden. Leopold v. Buch gab (in seinen Geognostischen Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien, Band II, S. 156 ff.) eine treffliche Schilderung derselben. Oft Monate lang nach einem Ausbruche des Vesuvs entwickelt sich das tödtende Gas in Kellern und Gärten, in Wäldern und Feldern, ja selbst auf dem Grunde des Meeres, und breitet sich stellenweise wie ein stagnirender See ein paar Fuss hoch über der Oberfläche aus. Da vergehen alle Pflanzen, viele Bäume sterben von unten ab, die Fische schwimmen betäubt auf der Oberfläche des Meeres, und Hasen, Hühner und andere kleine Thiere fallen todt zu Boden; denn kein lebendes Wesen entgeht seinem Schicksale, wenn es sich in das Gebiet dieser unsichtbaren Giftatmosphäre verirrt. Auch der Tod des älteren Plinius bei der Eruption im Jahre 79 ist höchst wahrscheinlich dadurch herbeigeführt worden, dass er sich auf den Boden legte und in den Bereich der erstickenden Kohlensäure brachte.

Stickgas oder Azot ist gleichfalls unter den Exhalationen mancher Vulcane nachgewiesen worden; man pflegt zu seiner Erklärung anzunehmen, dass es von atmosphärischer Luft herrühre, welche mit Meteorwassern dem Eruptionscanale zugeführt wurde.

Als seltnere Bestandtheile der Fumarolen sind etwa noch folgende zu erwähnen. Borsäure ist ein häufiges Product des Kraters der Liparischen Insel Volcano; wahrscheinlich wird sie aus dem Erdinnern durch Wasserdämpfe entführt, mit welchen sie sich bekanntlich leicht verflüchtigt. Auch im Vesuv ist sie im Jahre 1817 als ein Absatz der Fumarolen vorgekommen. Dass sich zuweilen Dämpfe von Bergöl oder Naphtha unter den vulcanischen Exhalaten befinden, ist nach den übereinstimmenden Angaben von Leopold v. Buch, Ferrara, Scrope und Fr. Hoffmann nicht zu bezweifeln, welche Alle den Geruch des Bergöls deutlich empfunden zu haben versichern*). Auch sollen die frisch ausgeworfenen Schlackenstücke des Vesuv und Aetna nach Serrao, Dolomieu und Ferrara bisweilen deutlich erkennbare Spuren von Naphtha gezeigt haben. Eisenglanz ist ein häufiges Sublimationsproduct der Vulcane und daher auch ein Bestandtheil vieler Laven; nach Mitscherlich dürfte er jedenfalls durch gegenseitige Zersetzung des flüchtigen Chloreisens und des Wasserdampfes entstanden sein. Auch Realgar und Auripigment sind in der Solfatara, am Vesuv und auf Volcano vorgekommen, so wie denn endlich Selenschwefel von Stromeyer unter den Sublimaten der letztgenannten Insel nachgewiesen worden ist.

Uebrigens ist es durch mehrfache Beobachtungen erwiesen, dass ein und derselbe Vulcan zu verschiedenen Zeiten ganz verschiedene Gase und Dämpfe aushaucht, daher man sich auch nicht wundern kann, wenn bisweilen die Angaben verschiedener Beobachter aus verschiedenen Zeiten in dieser Hinsicht keine Uebereinstimmung zeigen. So beobachtete z. B. Monticelli am Vesuv im Jahre 1813 eine sehr reichliche Entwicklung von Chlorwasserstoff, während er im Jahre darauf nur schwefelige Säure zu erkennen vermochte. Eben so fand Covelli an demselben Vulcane 1827 blos Wasserstoffgas (Schwefelwasserstoff?) von welchem er im nächsten Jahre keine Spur entdecken konnte. Diese Thatsachen sind von grosser Wichtigkeit, weil sie den Beweis liefern, dass die Bestandtheile der vulcanischen Exhalate zu verschiedenen Zeiten durch ganz verschiedene Körper und chemische Processe geliefert werden.

*) Bergmann, vorzüglich aber Breislak glaubte sogar das Bergöl als die allgemeine Ursache des Vulcanismus betrachten zu müssen.

Wie ausserordentlich wichtig eine genaue Kenntniss der gas- und dampfförmigen Effluvien der Vulcane für die ganze Theorie des Vulcanismus sei, diess leuchtet von selbst ein. Daher haben Untersuchungen, wie sie Boussingault für die Vulcane Südamerikas ausführte, einen grossen Werth für die Wissenschaft*). Einen zweckmässigen Apparat zur sichern Auffangung der Dämpfe der Fumarolen beschrieb Abich in Poggendorffs Annalen, Bd. 42, S. 167 ff.

Ob reines Wasserstoffgas von Vulcanen ausgehaucht werde, darüber sind die Meinungen noch getheilt. Viele Geologen haben mit Leopold v. Buch die Flammen, welche zuweilen bei vulcanischen Eruptionen beobachtet worden sind, durch brennendes Wasserstoffgas erklärt, und Bögner glaubt, dass den Krateren der Vulcane sehr bedeutende Mengen dieses Gases entweichen**). Dagegen ist von Andern das Vorkommen wirklicher Feuerflammen bezweifelt und die dafür gehaltene Erscheinung als ein blosser Wiederschein der hell leuchtenden, den Krater erfüllenden Lava in der darüber aufsteigenden Rauchsäule erklärt worden. Indessen ist wohl die zuweilige Erscheinung wirklicher, durch brennendes Gas gebildeter Flammen nicht abzuläugnen, und Leopold v. Buchs Vermuthung vielleicht nur dahin zu modificiren, dass es nicht reines Hydrogen, sondern Schwefelwasserstoffgas ist, welches die Flammen bildet.

Eine der ersteren unter den neueren***), durch den Namen ihres Autors hinreichend verbürgten Beobachtungen über das Vorkommen von wirklichem Flammfeuer rührt wohl von Alexander v. Humboldt her, welcher im Jahre 1802, bei der zweiten und dritten Besteigung des Pichincha in der Tiefe des Kraters blauliche, bald hier bald dort auflodernde Flammen sah. Bald nachher berichtete *Bory de Saint-Vincent* (in seinem Werke *Voyage aux quatre îles des mers d'Afrique*, 1804, *II.*, *p.* 247), dass er am Vulcan der Insel Bourbon aus einer Oeffnung des Kraters periodisch blaue Flammen, ähnlich denen des Weingeistes, doch selten über 3 Fuss hoch gesehen habe. Am Vesuv, als dem am öftersten besuchten und am genauesten studirten Vulcan sind sie übrigens zu wiederholten Malen beobachtet worden. Davy z. B. beobachtete im Jahre 1814 am Vesuv Flammen, die wenigstens 60 Ellen hoch aufstiegen; desgleichen im Jahre 1834 Abich, welcher sie ausdrücklich von dem blossen Feuerscheine unterscheidet, und für brennendes Wasserstoffgas hält; (*Bulletin de la soc. géol.*, *t. VII*, *p.* 43). Gimbernat beschreibt starke Flammen, welche in der Nacht vom 28. Februar 1820 aus der Ausbruchsspalte der Lava hervortraten, und eine etwa 50 Fuss hohe Feuerpyramide bildeten, welche wie eine Thermolampe die ganze Nacht hindurch fortbrannte, bei Tage unsichtbar war, aber in der folgenden Nacht abermals leuchtete; (Breislak, Lehrb. der Geologie, III, S. 509). Pilla sah in den Jahren 1833 und 1834

*) *Recherches chimiques sur la nature des fluides elastiques qui se dégagent des volcans de l'équateur;* in *Ann. de chim. et de phys.*, *t.* 52, 1833, *p.* 1 ff. und im Auszuge in Poggend. Annalen, Bd. 31, S. 148 ff.

**) Die Entstehung der Quellen, Frankfurt 1843.

***) Denn in ältern Schriften und auch in vielen neuern Beschreibungen, wo es nur auf die Schilderung des Effectes ankommt, wird bei den vulcanischen Erscheinungen von Flammen als von etwas ganz Gewöhnlichem gesprochen.

Flammen 9 bis 15 F. hoch auflodern, und erklärte sich mit grosser Bestimmtheit für das wirkliche und öftere Vorkommen des vulcanischen Flammfeuers; (*Comptes rendus*, *t.* 17, 1843, *p.* 889 f.). Forbes beobachtete gleichfalls am 1. Januar 1844 deutliche Flammen am Vesuv (*Edinburgh New Phil. Journal*, *vol.* 37, *p.* 232) und Breislak, welcher den Vulcanen eigentlich keine wahren Flammen zugestehen will, glaubt doch wenigstens an vorübergehende und zufällige Entzündungen von Wasserstoffgas (Geologie, III, S. 118). Wenn also auch viele Beobachter das Vorkommen von Flammen in Abrede stellen, so dürften doch die genannten Auctoritäten die Wirklichkeit derselben ausser allen Zweifel setzen. Dass solche, wenn sie in der That von Wasserstoff herrühren, so selten deutlich sichtbar sind, ist nach Lyell (*Principles*, 7. *ed.*, *p.* 523) wohl deshalb sehr begreiflich, weil die Flamme dieses Gases nur schwach leuchtet, und daher bei Eruptionen durch das weit intensivere Licht des Lava-Wiederscheines eklipsirt wird. Weil übrigens Schwefelwasserstoff gleichfalls mit blauer Flamme verbrennt, so wird natürlich durch den blossen Nachweis des Flammfeuers die Frage noch nicht entschieden, ob die Vulcane auch reines Hydrogen aushauchen. Elie de Beaumont, welcher nahe am Gipfel des Aetna aus mehren Oeffnungen schwach leuchtende Flammen hervorbrechen sah, erkannte sie auch wirklich für brennendes Schwefelwasserstoffgas. *Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France*, *IV*, *p.* 26.

§. 46. *Schlackenauswürfe*, *Auf- und Niedersteigen und ruhiges Ausfliessen der Lava.*

Während die Exhalationen von Dämpfen und Gasen bei allen noch thätigen Vulcanen auch im asthenischen Zustande beobachtet werden, weshalb auch in der Regel die Rauchsäule als ein aus der Ferne sichtbares Merkmal ihrer noch bestehenden Thätigkeit gelten kann*), so finden die ausserdem im Zustande der Ruhe vorkommenden Erscheinungen keinesweges in solcher Allgemeinheit Statt. Es sind diess Erscheinungen, welche gewissermaassen einen Mittelzustand zwischen jenem der Ruhe und der Aufregung bezeichnen, und daher auch nur bei solchen Vulcanen vorkommen können, deren Verhältnisse gleichsam ein stabiles Gleichgewicht zwischen diesen beiden Zuständen auf die Dauer gestatten. Auch setzt die Möglichkeit einer gefahrlosen Beobachtung dieser Erscheinungen gewisse Bedingungen voraus, die nur bei wenigen Vulcanen

*) Bei sehr hohen Vulcanen, welche in die oberen trockenen Schichten der Atmosphäre reichen, und überhaupt nur wenig Dämpfe aushauchen, kann die Rauchsäule ganz unsichtbar werden, weil sich die Dämpfe gar nicht zu Wasserdunst condensiren. So bemerkte Humboldt niemals Rauch auf dem Gipfel des Cotopaxi und Tunguragua.

zufällig erfüllt sein werden, daher sie denn auch überhaupt nur selten beobachtet worden sind.

Zu diesen Erscheinungen gehören das Auf- und Niederkochen der Lava im Kraterschlunde und die damit verbundenen Auswürfe von Schlacken. So sah z. B. Spallanzani im Jahre 1788 im Kraterboden des Aetna einen runden, etwa 60 F. weiten Schlund, in dessen Tiefe die feurigflüssige Lava beständig auf und nieder wallte. Weit deutlicher beobachtete er dieselbe Erscheinung in einem Kraterschlunde des Stromboli. Die glühende Lava stieg alle zwei Minuten gegen 20 F. weit herauf, und sank dann rasch wieder in die Tiefe zurück. Jedesmal, wenn sie ihren höchsten Stand erreicht hatte, blähte sich ihre Oberfläche auf; Blasen von mehren Fuss Durchmesser schwollen empor, und explodirten zuletzt mit einem starken Knall; dabei wurden sie in viele hundert Stücke zersprengt, die mit fürchterlicher Gewalt in die Luft flogen, und als Stein- und Schlackenregen klirrend am Berge herabstürzten. Unmittelbar nach diesen Explosionen sank die Oberfläche der Lava schnell und geräuschlos in ihr anfängliches Niveau zurück, um bald wieder aufs Neue mit prasselndem Geräusche emporzuschwellen.

Eine sehr lehrreiche Schilderung dieser Phänomene gab F. Hoffmann *), welcher sich zu Ende des Jahres 1831 und im Anfange des folgenden Jahres auf Stromboli befand. Während der über 200 F. weite Hauptschlund des Kraters nur Dämpfe aushauchte, fand in einem seitwärts gelegenen Schlunde von zehnmal kleinerem Durchmesser das regelmässige Spiel der auf- und absteigenden Lavasäule Statt. Hellglänzend wie geschmolzenes Roheisen schwoll die Lava ruckweise unter einem puffenden Geräusche aus der Tiefe herauf; nach jedem Rucke entwich eine dicke weisse Dampfwolke, welche rothglühende Lavaklumpen mit sich fortraffte und zu Tage ausschleuderte, worauf die Lava wieder etwas zurücksank. Dieses ruhige, fast alle Secunden taktmässig wiederholte Spiel wurde in grösseren Zwischenzeiten, nachdem sich die Lava höher erhoben hatte, durch eine heftigere Explosion unterbrochen, bei welcher die Kraterränder erzitterten, grosse Dampfmassen unter polterndem Getöse hervorbrachen, und Tausende von glühenden Lavaklumpen z. Th. bis zu 1200 F. Höhe aufwärts flogen. Unmittelbar nach jeder solchen Explosion trat eine augenblickliche Ruhe ein, die Lavasäule schien verschwunden, bald aber stieg sie wieder herauf aus der Tiefe des Schlundes, um dasselbe Spiel der Bewegungen zu wiederholen.

*) Hinterlassene Werke, Bd. II, S. 524 ff.

Besonders interessant wurden diese Erscheinungen noch dadurch, dass aus einer benachbarten, vielleicht bis 150 F. tiefer liegenden Oeffnung ununterbrochen ein kleiner Lavastrom ausfloss und sich über die Abhänge des Berges hinabwälzte.

Ganz dieselben Erscheinungen beobachtete Hoffmann am Vesuv; die Lava wallte auf und nieder; nnr war die Grösse des Schlundes bedeutender, daher auch die Dampf-Explosionen und die Schlacken-Ejectionen mit weit grösserer Heftigkeit erfolgten.

Es lässt sich wohl vermuthen, dass bei allen Vulcanen, welche in den Stadien der Ruhe dergleichen periodisch wiederkehrende Schlackenauswürfe zeigen, ein ähnlicher Mechanismus des Auf- und Niedersteigens der Lava im Kraterschachte Statt findet. Diese stossweise erfolgenden und sich beständig wiederholenden Ejectionen, wie sie z. B. Pöppig am Krater des Antuco beobachtete, und wie sie auch von andern Vulcanen erwähnt werden, finden übrigens in Spallanzani's und Hoffmanns schönen Beobachtungen am Stromboli ihre vollständige Erklärung. Man erkennt auf das Deutlichste den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung. Die Spannkraft der Dämpfe ist es, welche die Lava im Kraterschachte hinauftreibt bis zu einer Höhe, wo sie durch die Last der Lavasäule compensirt wird; dann sammeln sich die Dämpfe stellenweise an, ihre Spannung wird gesteigert; plötzlich überwinden sie den Widerstand, es erfolgt eine Explosion, und die obersten Theile der Lavasäule werden mit unwiderstehlicher Gewalt aus dem Krater hinausgeschleudert. Eine augenblickliche Erschlaffung tritt ein, die Lava sinkt zurück, und der Vulcan schöpft gleichsam neuen Athem, um dieselbe Thätigkeit in gleicher Weise zu wiederholen.

Im grossartigsten Maassstabe ist das Aufwallen und ruhige Ausfliessen der Lava in dem colossalen Krater Kirauea auf Hawai beobachtet worden. In der Tiefe desselben breiten sich mehre hellleuchtende Lavaseen aus, von denen einer 1500 F. breit ist; seine Lava ist in beständiger auf und nieder wogender Bewegung, und Schlackenstücke werden von Zeit zu Zeit bis 70 F. hoch aufwärts geschleudert. In einem zweiten kleineren Lavasee strahlte die aufkochende Lava ein so intensives Licht aus, dass es in darüber hinziehenden Regenwolken einen Regenbogen erzeugte; die Lava ergoss sich aus dem Rande des Sees so flüssig wie Wasser, theilte sich bei ihrem weiteren Fortströmen in mehre Arme, bildete über Abstürzen des Terrains Kaskaden, u. s. w. Die Amerikaner Chase und Parker sahen auf einem dieser Lavaseen, der in mächtigen Feuerwogen gegen sein Ufer brandete, Lavasäulen bis zu 60 F. Höhe aufsteigen; dann wurde es ruhig, die Oberfläche verdunkelte sich und schien erstarren zu wollen; doch plötzlich zerriss die Decke, flüssige Lava breitete sich abermals aus, in welcher die Schlackenschollen wie

Eisschollen im Wasser auf und niedertauchten, und der glühende Lavasee war wieder hergestellt.

Auch diese, von vielen Reisenden wiederholt beobachteten Erscheinungen im Kirauea verweisen uns wohl noch nicht auf einen eigentlichen Eruptionszustand desselben, sofern wir darunter einen heftigen Paroxysmus überspannter Thätigkeit verstehen; sondern sie stellen uns nur in weit grösserem Maasstabe Dasselbe dar, was Hoffmann am Stromboli in einem kleinen und engen Raume wahrzunehmen Gelegenheit hatte; denn wenn sich die Lava über einem Eruptionsschlunde zu einem förmlichen See ausgebreitet hat, da wird natürlich ihr Steigen und Fallen nicht mehr so auffallend bemerkbar sein, als wenn sie noch in dem engen Schlunde verweilt.

b) Wirkungen im Zustande der Aufregung.

§. 47. *Uebergang zur Eruption und Vorzeichen derselben.*

Die Erscheinungen, welche die Vulcane im Zustande der Aufregung zeigen, sind zwar qualitativ nicht wesentlich verschieden von den vorher geschilderten Symptomen des ruhigen Zustandes, unterscheiden sich aber doch sehr auffallend durch ihre Intensität und Energie, durch die Grösse und Furchtbarkeit ihrer Wirkungen; wenn also auch von einem allgemeineren Gesichtspuncte die beiderlei Zustände nur als verschiedene Abstufungen einer und derselben Thätigkeit zu betrachten sind, so giebt sich doch die ruhige, oft kaum bemerkbare Dampfaushauchung als das eine Extrem, und der eigentliche Eruptionszustand als das andere Extrem zu erkennen. Aber in der Hauptsache sind es Erscheinungen derselben Art, welche einerseits den Zustand der Ruhe und anderseits den Zustand der Eruption charakterisiren. Das Brausen und das Poltern verwandeln sich in weithin hallende Donner, die Erzitterungen des Kraterrandes in zerstörende Erdbeben, die unschädlichen Schlackenauswürfe in länderverheerende Stein- und Aschenregen, und die ruhig abfliessenden Lavaquellen in gewaltsam hervorbrechende, Alles verwüstende Lavafluthen.

Dämpfe und Lava, also leichte elastischflüssige, und schwere tropfbarflüssige Stoffe sind es, durch deren Conflict die mancherlei Erscheinungen hervorgerufen werden, welche das vulcanische Leben charakterisiren. Die Dämpfe spielen dabei mehr eine active, die Laven mehr eine passive Rolle; jene repräsentiren gewissermaassen die Kraft, diese die Last, welche bei dem abyssodynamischen Processe der Vulcane in Wirksamkeit treten. Sinkt die Energie dieses Processes auf ihr Minimum herab, so entweichen die Dämpfe ungehindert, und der Vulcan verhält sich gleichsam wie das geöffnete Sicherheitsventil eines Dampfkessels; ein oft ausgesprochener und in der That sehr

treffender Vergleich. Steigert sich die Energie des vulcanischen Processes auf ihr Maximum, so entbrennt der Kampf zwischen der Lava und den Dämpfen auf das Höchste, und endigt in der Regel mit einem vollständigen Siege der letzteren.

Im Allgemeinen lässt sich wohl mit Humboldt annehmen, dass die grösseren Vulcane weit seltener von Eruptionen befallen werden, als die kleineren Vulcane, oder dass die Häufigkeit der Eruptionen im umgekehrten Verhältnisse zu der Höhe der Vulcane steht*). Die hohen Vulcane Südamerikas haben selten mehr als einen Ausbruch im Laufe eines Jahrhunderts gezeigt, und am Pik von Teneriffa ereigneten sich von 1430 bis 1798 nur drei Ausbrüche, während der Vesuv seit 1631 sehr viele Eruptionen erlitten hat. Auch die Dauer des Eruptionszustandes ist sehr verschieden. Manche Eruptionen werden in der Zeit von wenigen Stunden oder Tagen absolvirt, wogegen sich andere Monate lang und noch länger fortsetzen; in welchem letzteren Falle jedoch dann und wann Pausen eintreten, während welcher die vulcanische Thätigkeit nachlässt, um dann wieder mit erneuerter Kraft ihr Spiel zu beginnen.

Eine bemerkenswerthe Thatsache ist es, dass sich gewöhnlich diejenigen Eruptionen eines Vulcans als die gewaltigsten und verheerendsten erwiesen haben, welche nach einer sehr langen Periode der Ruhe eingetreten sind. Man kann hieraus schliessen, dass während solcher Perioden einerseits die Hindernisse, welche sich dem freien Austritte der Dämpfe entgegensetzen, ausserordentlich angehäuft, anderseits aber auch die elastischen Kräfte der Dämpfe selbst allmälig zu einem unermesslich hohen Grade gesteigert worden sein mögen. Der Eruptionscanal verstopft sich nämlich in dergleichen längeren Perioden der Ruhe bis zu sehr grosser Tiefe hinab mit völlig erstarrter Lava und mit zusammengesinterten Schlackenmassen, wodurch das Entweichen der Dämpfe und Aufdringen der Lava immer mehr gehemmt wird; je länger diese Asthenie des Vulcans dauert, um so tiefer setzt sich die Verstopfung des Eruptionscanals fort. Aber mit dem Wiederaufleben seiner Thätigkeit beginnt eine reichlichere Entwicklung der Dämpfe, welche allmälig, unter dem gleichzeitigen Einflusse des Druckes und der Temperatur, das Maximum der Spannung erreichen; gelingt es ihnen endlich, den Eruptionscanal aufzusprengen und die Lava hinauszutreiben, so wüthen sie auch dann mit vielfach verstärkter Heftigkeit. Daher geschah es wohl auch, dass die Eruption des Vesuv vom Jahre 79 alle späteren Eruptionen so bedeutend übertraf, und dass nach ihr der Ausbruch vom Jahre 1631 der grösste

*) Kosmos, Th. I, S. 238.

und verheerendste war, welchem keiner der neueren Ausbrüche gleich gekommen ist. Dasselbe gilt von der fürchterlichen Eruption des Galungung auf Java im Jahre 1822, dessen vulcanische Natur bis dahin von Niemand geahnt wurde, da er seit Menschengedenken keinen Ausbruch gezeigt hatte.

In kürzeren Perioden der Ruhe sinkt die Lava nur mehr oder weniger tief in den Eruptionscanal zurück, ohne dass eine förmliche Verstopfung und Verschliessung desselben bis auf grosse Tiefen Statt findet. Die Explosionen erfolgen dann im Innern des Berges, die losen Auswürflinge fliegen nicht mehr bis zu Tage aus, und nur Dampfsäulen entsteigen dem Krater.

Alle diejenigen Erscheinungen, welche gewöhnlich als Vorzeichen einer bevorstehenden Eruption betrachtet werden, geben sich auch in der That als Symptome zu erkennen, welche bei dem mehr oder weniger plötzlichen Uebergange aus dem Zustande der Ruhe in den Zustand der Aufregung nothwendig eintreten müssen. Die Dampfaushauchungen verstärken sich, oft stossweise unter heftigen Erschütterungen des Berges; im Kraterboden öffnen sich neue Spalten und Schlünde, aus denen bisweilen Feuerflammen auflodern, gewöhnlich aber zahlreiche lose Auswürflinge ausgeschleudert werden; die Lava steigt allmälig immer höher, und beginnt endlich in den Krater auszutreten, welchen sie oft lange Zeit mit veränderlichem Niveau erfüllt, während sich das Spiel der Dampf-Explosionen und der Schlacken-Ejectionen ununterbrochen fortsetzt.

Als eine vorläufige, das baldige Eintreten einer Eruption verkündende Erscheinung wird in der Umgegend mancher Vulcane die auffällige und bisweilen Monate vorher beginnende Verminderung der Quellen und Brunnenwasser betrachtet. Diese Erscheinung ist auch sehr erklärlich, indem einestheils die Erschütterungen des Berges viele Risse und Spalten verursachen, auf denen sich die Quellwasser in die Tiefe ziehen, anderntheils durch die gesteigerte Erhitzung des Berges viele Wasseradern einer starken Verdampfung unterliegen*).

Am Vesuv ist dieses Verschwinden der Quellen sehr gewöhnlich. So berichtet z. B. Monticelli, dass sich viele Monate vor dem Ausbruche im

*) Wie es denn wohl gar nicht bezweifelt werden kann, dass ein Theil der den Vulcanen entsteigenden Wasserdämpfe durch die auf ihren Abhängen niedergefallenen und dem obern Theile des Eruptionscanals zugeführten Meteorwasser gebildet wird. Lieferte doch nach Gimbernat eine Quelle auf der Höhe des Vesuvs selbst während des heftigen Ausbruchs im Jahre 1819 reines und trinkbares Wasser. Breislak Geologie, III, S. 136.

December 1813 die Brunnenwasser in Resina, Torre del Greco und andern Orten fortwährend verminderten, ungeachtet der von Anfang Juni bis zu Ende August eingetretenen häufigen Regenwetter. Er glaubt diese langsam und dauernd über einen so grossen Raum Statt findende Wasserverminderung nur aus einer durch Luftverdünnung bewirkten Einsaugung in unterirdische Höhlen erklären zu können *). Erst im November, nachdem die erste Eruption Statt gefunden hatte, begannen die Wasser wiederum zu steigen. Gerade so verhielt es sich im Januar 1822, wo die Quellen in der ganzen Umgegend des Vesuv sichtlich abnahmen, obgleich es um dieselbe Zeit fortwährend regnete.

Aus der Erhitzung des Berges vor und während der Eruptionen ist auch eine Erscheinung zu erklären, welche bisweilen bei den höheren, in die Region des ewigen Schnees aufragenden Vulcanen, oder auch bei niedrigeren Vulcanen im Winter beobachtet worden ist; die Erscheinung nämlich, dass die um ihren Gipfel angehäuften und oft sehr bedeutenden Schnee- und Eismassen plötzlich zum Schmelzen gelangen, wodurch mitunter sehr verheerende Wasserfluthen in der Umgegend verursacht werden. Auf diese Weise ist z. B. am Cotopaxi die Schneedecke bisweilen in der Zeit von wenig Stunden grossentheils geschmolzen, und ähnliche Ereignisse werden von den Vulcanen Islands, Kamtschatkas und anderer nördlichen Gegenden berichtet; (vergl. §. 61).

§. 48. *Feuerschein*, *Gewitter und vulcanisches Getöse.*

Dass im Eruptionszustande eine Verstärkung der Dampfaushauchungen Statt zu finden pflegt, ist bereits erwähnt worden; die Rauchsäule entwickelt sich daher immer mächtiger, steigt zu ungewöhnlicher, oft mehre 1000 F. betragender Höhe an, und breitet sich oben zu einer weitgedehnten Wolkenschicht oder zu dicken Haufenwolken aus. Doch sind es gewöhnlich nicht blos Dämpfe, sondern auch feinere Auswürflinge, welche mit fortgerissen werden, und solchergestalt den Uebergang aus der Rauchsäule in die nachher zu beschreibende Aschensäule bilden. Bei Nacht erscheint die Rauchsäule als rothe Feuersäule, was jedoch nicht von brennenden Gasen, sondern von dem Wiederscheine der im Krater wallenden glühenden Lava, und von zahllosen auf- und niederfliegenden glühenden Schlackenstücken und Lavakörnern herrührt. Denn brennendes Wasserstoffgas oder Schwefelwasserstoffgas würden nur schwach leuchtende blaue Flammen bilden können, welche, wenn sie auch vorhanden wären, vor dem weit stärkeren Lichtreflexe der glühenden Massen kaum bemerkbar sein dürften (vergl. §. 45 zu Ende).

*) Leonhards Taschenbuch für Mineralogie, XIV, S. 86 f.

Dass die Feuersäule in der Regel nicht von brennenden Gasen abzuleiten ist, diess ergiebt sich auch aus der schönen Schilderung, welche Leopold v. Buch von ihr gegeben hat. Sie erscheint nach ihm als ein geistiges Wesen, das sich über den Luftkreis hinausheben zu wollen scheint; ein erschütternder Knall geht ihrer Erscheinung voraus, und gleich darauf reisst die glänzende Flamme Felsen senkrecht mit sich hinauf. Selbst Sturmwinde vermögen sie nicht zu beugen, und während Wolken von Rauch, Asche und Steinen durch die Winde über das Land fortgeführt werden, so steht die hohe Feuersäule immer senkrecht auf dem Vulcan, und Asche und Steine fliegen horizontal an ihr vorbei. (Geognostische Beob. auf Reisen u. s. w., II, S. 141.) Gasflammen würden sich doch gewiss unter der Gewalt eines Windes beugen müssen, welcher Steine seitwärts forttreibt. Diese starre, geisterhafte Unbeweglichkeit der Feuersäule mitten in dem wilden Tumulte aller Elemente ist nur daraus zu erklären, dass sie in der Hauptsache nichts Anderes als ein durch die Lava bewirktes Erleuchtungs-Phänomen der Rauchsäule ist. Daher blitzt sie auch besonders lebhaft nach jeder starken Explosion auf, durch welche die halberstarrte Lavadecke fortgeschleudert und die hell leuchtende Oberfläche der völlig flüssigen Lava entblöst wird. Gewöhnlich tragen aber auch die im glühenden Zustande aufwärts geschleuderten Schlacken, Lapilli und Sandmassen das Ihrige mit bei, wie sich z. B. aus Monticelli's Beschreibungen der Eruptionen des Vesuv im December 1813 und im October 1822 ergiebt, in welchen es mehrfach erwähnt wird, dass die aus glühenden Steinen und brennendem Sande bestehenden Feuersäulen hoch oben in der Luft vom Winde umgebogen und seitwärts als Feuerwolken fortgetrieben wurden, aus denen es fortwährend glühende Steine regnete.

Das von Meyen an einigen Chilenischen Vulcanen, wie z. B. am Imposible und Maipu beobachtete starke Aufleuchten, welches mit unterirdischem Donner verbunden ist und von Auswürfen glühender Massen gefolgt zu werden pflegt, dürfte wohl wesentlich auf ähnliche Art zu erklären sein, wie der Feuerschein der Eruptionen; es ist ein periodisches Aufblitzen der Lava im Krater, ohne dass gerade eine Eruption Statt findet*). Derselben Erklärung unterliegt wohl auch das glänzende, dem Nordlichte ähnliche Lichtphänomen, welches nach Gimbernat im Jahre 1820 während der Nächte vom 12. bis 16. Februar eine ausserordentliche Helligkeit über dem Vesuv verbreitete**).

Eine andere Lichterscheinung sind die Blitze, welche bei vulcanischen Eruptionen so häufig aus der Rauch- und Aschensäule entladen werden. Diese elektrischen Entladungen scheinen durch zweierlei Ursachen hervorgebracht zu werden; einmal dadurch, dass auch die trockenen, aus dem Krater ausgeschleuderten Sand- und Aschentheile

*) Meyen hielt es für eine eigenthümliche, aus gewissen, in der Kratertiefe erfolgenden chemischen Processen zu erklärende Erscheinung.

**) Breislak, Lehrbuch der Geologie, III, 509.

positiv elektrisch sind, wie die Versuche von Cagnazzi, Monticelli und Covelli gelehrt haben; und dann durch die ganz ausserordentliche Menge von heissen Wasserdämpfen, welche während der Eruption einem jeden vulcanischen Berge entsteigen, sich in den höheren Regionen der Atmosphäre condensiren, als breite Wolken ausdehnen, und somit die Entstehung einer starken elektrischen Spannung und die Bildung von äusserst heftigen Gewittern veranlassen. Diese vulcanischen Gewitter, wie sie Humboldt genannt hat, tragen nicht wenig dazu bei, die fürchterliche Schönheit des Schauspiels der vulcanischen Eruptionen zu steigern. Hunderte von Blitzen schiessen nach allen Richtungen aus der Dampf- und Aschenwolke hervor; ihre unaufhörlich rollenden Donner stimmen mit ein in das Brüllen und Tosen des Berges, und Platzregen, nicht selten als förmliche Wolkenbrüche, bisweilen von Hagelwettern begleitet, stürzen hernieder und verwüsten mit ihren Fluthen die Umgegend des Berges*).

Zu denen das Gemüth besonders aufregenden Erscheinungen gehört auch das furchtbare Getöse, welches mit jeder Eruption verbunden zu sein pflegt, und bald in einzelnen krachenden Schlägen, bald als ein rollender Donner oder als ein ununterbrochenes Brüllen vernommen wird, mitunter aber zu einer unerträglichen Stärke anwächst. Dieses Getöse ist gewöhnlich von Erschütterungen des Berges, bisweilen auch von förmlichen Erdbeben der ganzen Umgegend begleitet, jedenfalls aber in gewaltigen Dampfexplosionen begründet, welche sich im Innern des Eruptionscanals ereignen. Dabei ist es höchst merkwürdig, dass diese vulcanischen Detonationen oft auf erstaunlich grosse, z. Th. weit über 100 Meilen

*) Die Bildung dieser vulcanischen Gewitter wird auch noch dadurch begünstigt, dass durch die ausserordentliche Erhitzung der Luft in der Verticale des Kraters, so wie durch die diesem letzteren entströmenden Wasserdämpfe ein aufsteigender Luftstrom gebildet wird, welcher das Zufliessen der Luft von allen Seiten zur Folge hat, deren Wasserdämpfe die Wolkenbildung unterstützen. Jede kleine Wolke, sagt Leopold v. Buch bei der Schilderung der Vesuvischen Eruption von 1794, schien mit Macht gegen die Spitze des Berges gezogen, und kaum hatte sie den Gipfel umgeben, als auch schon die Wasser herunterstürzten u. s. w. Auch Monticelli erwähnt in seiner Beschreibung des Ausbruches vom Jahre 1822 mehre Male, dass der Berg von allen Seiten die zerstreuten Wolken nach seinem Gipfel zusammenzog. Wenn auch die Berechnungen, welche *Du Carla* (*Journal de Physique*, *t. XX*, 1782, *p.* 117 f.) über die, durch diese allseitig zufliessenden Luftströme gelieferten Wasserdämpfe anstellte, im hohen Grade übertrieben sind, wie Leopold v. Buch und Breislak sehr richtig bemerken, so ist doch seine Ansicht im Allgemeinen sehr wahrscheinlich, dass dergleichen Luftströme an der Bildung der vulcanischen Regengüsse einen wesentlichen Antheil haben.

betragende Entfernungen, und folglich über Flächenräume von vielen 1000 Quadratmeilen, desungeachtet aber bisweilen gerade so vernommen werden, als ob sie überall unmittelbar aus der Erde heraufdröhnten. Diess beweist wohl, dass in solchen Fällen der Schall nicht durch die Luft, sondern durch die Erde fortgepflanzt wird, und dass die ihn verursachenden Explosionen ihren Sitz in sehr grosser Tiefe haben müssen.

Bei der grossen Eruption des Cotopaxi im Jahre 1744 wurde das Getöse in der Stadt Honda am Magdalenenflusse wie ein unterirdischer Kanonendonner gehört; Honda liegt aber 109 Meilen nördlich vom Cotopaxi, 17000 Fuss unter dem Gipfel desselben, und wird durch die gewaltigen Gebirgsmassen von Quito, Pasto und Popayan so wie durch zahllose Thäler von ihm getrennt, weshalb gewiss nicht an eine Fortpflanzung des Schalles durch die Luft zu denken ist, sondern angenommen werden muss, dass sich die Schallwellen von dem Explosionspuncte aus unmittelbar in der Erdveste bis nach Honda verbreitet haben.

Das donnerartige Getöse des Vulcans von St. Vincent in den kleinen Antillen wurde bei seiner Eruption am 30. April 1812 bis nach Caracas und Calabozo, ja bis an die Ufer des Apure, also 120 Meilen weit und noch weiter gehört.

Die Detonationen bei dem im Jahre 1834 erfolgten fürchterlichen Ausbruche des Cosiguina in Nicaragua wurden in Kingston auf Jamaica und sogar zu Santa-Fé-de-Bogota in Südamerika so stark wie der Donner eines nahe stehenden Gewitters vernommen; Santa-Fé liegt aber vom Cosiguina 230 Meilen weit entfernt, also weiter als Madrid oder Moskau von Leipzig.

Als der Vulcan Tomboru auf Sumbawa im April 1815 seine Eruption begann, da wurden die ersten Detonationen in der 95 Meilen entfernten Stadt Djokjokarta auf der Insel Java wie entfernte Kanonenschüsse gehört, so dass eine Truppenabtheilung aufbrach, in der Meinung, ein benachbarter Militärposten sei angegriffen worden, wogegen man an der Küste die Nothschüsse von Schiffen gehört zu haben glaubte, und daher Schiffe aussandte, um Hilfe zu bringen. Während der Dauer des Ausbruchs schien auf Java das Getöse überall so in der Nähe zu sein, dass man es an jedem Orte von dem zunächst gelegenen Vulcane ableiten zu müssen glaubte. Das Getöse derselben Eruption wurde übrigens in Ternate auf 180 Meilen und in Sumatra sogar bis auf 240 Meilen Entfernung deutlich vernommen.

Wie wenig aber die Grösse der vulcanischen Berge mit der Intensität ihrer Wirkung und mit der Entfernung im Verhältnisse steht, bis zu welcher sie diese Wirkung äussern, und wie gerechtfertigt daher die oben (§. 32) ausgesprochene Ansicht ist, dass der Berg selbst als der unwesentlichere Theil eines jeden Vulcans zu betrachten sei, diess ergiebt sich schon aus den so eben angeführten Thatsachen. Denn während der Cotopaxi allerdings 17900 F. absolute Höhe hat, so wird der Tomboru höchstens 7000 Fuss, der Vulcan von St. Vincent nur 4700 Fuss, der Cosiguina aber gar nur 500 F. hoch angegeben. Wir werden in §. 50 sehen, dass dieser so kleine Vulcan noch ganz andere Wirkungen ausgeübt und in seiner Thätigkeit die grössten Vulcane der Erde übertroffen hat.

§. 49. *Auswürfe von Schlacken und vulcanischem Sande.*

Die kleinen Auswürfe von Schlacken, d. h. von schlackigen Lavaklumpen, welche bei vielen Vulcanen schon im ruhigen Zustande vorkommen, und ihre Projectilien dann nur in und zunächst um den Krater zum Niederfallen bringen, gewinnen während des Eruptions-Zustandes eine ganz ungeheure Stärke und Ausdehnung. Sie entstehen besonders dadurch, dass die aus der Tiefe explodirenden Dämpfe die oberen Theile der im Krater oder Eruptionscanale aufgestauten Lava gewaltsam mit sich fortraffen und hoch in die Luft hinausschleudern; wobei es bisweilen geschieht, dass die flüssige Lava in grossen zusammenhängenden Massen auffliegt, welche sich in der Luft ausdehnen, endlich zerreissen und stückweise in den Krater zurückfallen*). Da nun diese Dampf-Explosionen mit der grössten Energie und Intensität erfolgen, so verhält sich der Eruptionscanal wie eine in ununterbrochener Entladung befindliche Mine, und die Masse der unaufhörlich ausgeschleuderten Schlacken kann zu einer wahrhaft erstaunlichen Grösse anwachsen. Bei dem grossen Ausbruche des Vesuv im Jahre 1794 sah man z. B. unausgesetzt mehre Tage lang in jedem Augenblicke eine so ungeheure Menge von Steinen und feinerem Schutte emporfliegen, dass der ganze Raum über dem Krater davon ausgefüllt zu sein schien, und eine Säule von fast einer ital. Meile im Umfange darstellte, welche zu grosser Höhe aufstieg und sich dann ausbreitend ein grösseres Volumen zu gewinnen schien als der Berg, welcher sie ausgespieen hatte**).

Diese Auswürflinge sind gewöhnlich noch rothglühend bei ihrem Auffliegen, und tragen daher zur Bildung der Feuersäule mit bei; denn während die eine Ladung im Niederfallen begriffen ist, steigt schon wieder eine neue Ladung in die Höhe, so dass sich beständig Tausende von glühenden Schlackenstücken in aufwärts und abwärts gerichtetem Fluge befinden, welche, zugleich mit dem glühenden Sande, einen förmlichen Strom von leuchtenden Körpern bilden, der um so mehr das Ansehen eines zusammenhängenden Feuerstromes erhalten muss, weil die Schnelligkeit der Bewegung jeden einzelnen Theil wie

*) So berichtet Fr. Hoffmann, dass man bei dem Ausbruche des Vesuv im Jahre 1832 von Pompeji aus die rothglühende Lava zusammenhängend in die Luft steigen sah, und er selbst beobachtete, wie zusammenhängende, bis 20 Fuss lange Lavamassen aufwärts geschleudert wurden, sich lang zogen und zuletzt in einzelne Fetzen zerrissen. Geognost. Beob., gesammelt auf einer Reise durch Italien, S. 196. Eben so erzählt Monticelli, dass bei einer Eruption des Vesuv eine 5 Fuss starke Lavasäule drei Tage lang wie ein Springbrunnen 35 F. hoch aus einem Schlunde des Kraters hervorgetrieben wurde.

**) Breislak, Lehrbuch der Geologie, III, S. 119.

eine feurige Linie erscheinen lässt. Da viele derselben in etwas schräger Richtung aufwärts fliegen, so breitet sich die ganze Masse nach oben büschelförmig aus, und dadurch entstehen die Feuergarben, die Girandolen, welche so gewöhnlich bei Eruptionen gesehen werden.

Viele dieser Auswürflinge stürzen in den Krater zurück, um dann abermals aufwärts geschleudert zu werden; die meisten jedoch fallen auf dem äusseren Abhange des Berges nieder, oder werden theils durch die Wurfkraft, theils durch den Wind in der Umgegend verstreut.

Die meisten Lavaklumpen erstarren während ihres Fluges zu ganz unregelmässig gestalteten, verdrehten und gewundenen, dabei aufgeblähten und blasigen, daher rauh und schwammig erscheinenden, jedoch oft mit einem verglasten oder emailartigen Ueberzuge versehenen Schlackenstücken. Werden aber solche noch halbflüssige Lavaklumpen während ihres Auffliegens durch einen seitlichen Stoss in rotirende Bewegung versetzt, so ballen sie sich zu kuglichen oder birnförmigen Schlacken-Sphäroiden, den sogenannten vulcanischen Bomben (Vesuvsthränen der Neapolitaner), deren äussere Form und innere Structur nicht selten ihre Entstehungsweise auf das Bestimmteste erkennen lässt. Bestehen die Auswürflinge aus einer sehr leicht flüssigen und daher minder rasch erstarrenden Lava, so werden sie beim Niederfallen zu scheibenförmigen Schlackenfladen breitgedrückt.

Die Grösse der Auswürflinge ist übrigens sehr verschieden, und wechselt von jener der grössten Felsblöcke bis zu der des feinsten Sandes und Staubes. Mitunter haben sie ganz ausserordentliche Dimensionen; wie denn z. B. der Cotopaxi im Jahre 1533 Lavamassen von 9 bis 10 Fuss, der Vesuv im October 1822 Schlackenconglomerate bis zu 8 Fuss Durchmesser ausgeworfen hat*), und man, bei dem Ausbruche eines der Insel Chiloë gegenüberliegenden Vulcans, von dem 20 Meilen entfernten Hafen San Carlos aus sogar mit blossem Auge (?) die aufwärts fliegenden colossalen Auswürflinge unterscheiden konnte. Die vulcanischen Bomben sind gewöhnlich faust- bis kopfgross; doch hat man auch welche von 50 bis 60 Pfund Gewicht gefunden, und bei der Eruption des Vesuv im Jahre 1832 fielen einige nieder, die bis 250 Pfund wogen. — Zugleich mit den grösseren Schlackenstücken werden Millionen von kleineren, theils eckigen, theils abgerundeten Schlackenbrocken ausgeworfen, welche von den Neapolitanern Lapilli (wohl auch Rapilli) genannt und daher ganz allgemein mit diesem Namen bezeichnet werden. Sie haben

*) Dufrénoy sah am Vesuv einzelne Auswürflinge von 12 bis 15 F. Durchmesser; *Mém. pour servir à une descr. géol. de France, IV*, 311.

meistentheils die Grösse einer Haselnuss bis Wallnuss, und vermitteln den Uebergang aus den Schlackenstücken in den sogenannten vulcanischen Sand, welcher aus noch kleineren Lavabrocken und aus Krystallen und Krystallfragmenten derjenigen Mineralien besteht, welche die erstarrte Lava wesentlich zusammensetzen.

Diese ausgeworfenen losen Krystalle gehören zu den merkwürdigsten Projectilien der Vulcane, nicht nur wegen ihrer oft ganz unversehrten Form, sondern auch wegen der grossen Menge, in welcher sie bisweilen ausgeworfen werden. So hat der Vesuv bei verschiedenen seiner Eruptionen unzählige Krystalle von Augit und Leucit ausgeschleudert; die am 22. April 1845 gelieferten Leucitkrystalle waren nach Pilla erbsen- bis haselnussgross, sehr klar und ganz regelmässig gestaltet; die Augitkrystalle bis 7 Millimeter gross; (*Comptes rendus, t.* 21, 1845, *p.* 324 und Neues Jahrbuch für Min., 1846, S. 341). Bei der Eruption im October 1822 sind nach Monticelli mit dem Sande zugleich viele Augitkrystalle und hexagonale Glimmerkrystalle, jene bis zur Grösse eines halben Zolls, diese bis 2 Linien gross ausgeworfen worden; (Der Vesuv von Monticelli, deutsch bearbeitet von Nöggerath, S. 134 u. 135). Unter den Auswürflingen der im Jahre 1669 gebildeten Monti Rossi am Aetna so wie unter denen des Stromboli befinden sich Myriaden von Augitkrystallen, und die losen Krystalle von Leucit, Augit und Melanit, welche in der Gegend von Frascati bei Rom in so grosser Menge gefunden werden, sind jedenfalls aus einem der dortigen erloschenen Vulcane zu Tage gefördert worden.

Dass übrigens alle diese losen Krystalle als solche nicht etwa erst während ihres Fluges in der Luft gebildet worden sind, bedürfte kaum erwähnt zu werden, wenn nicht eine solche Bildungsweise noch neuerlich von Pilla vermuthet worden wäre. Sie waren wohl als fertige Krystalle in der flüssigen Lava suspendirt, und wurden zugleich mit dieser durch die Dampfexplosionen aus dem Eruptionscanale herausgeschossen. Indessen dürfte die von Zincken an manchen Hohofenschlacken wahrgenommene Eigenschaft, während des Erstarrens Krystalle zu entwickeln, alle Berücksichtigung verdienen; werden solche Schlacken noch weich aus dem Ofen gezogen und zerschlagen, so dringen aus allen Bruchflächen unter deutlichem Erglühen und mit grosser Schnelligkeit eine Menge Krystalle heraus.

Eine ganz besonders wichtige Rolle unter den Auswürflingen der Vulcane spielt endlich noch die sogenannte vulcanische Asche, mit welcher wir uns jedoch, sowohl wegen ihrer eigenthümlichen Beschaffenheit als auch wegen der Bedeutsamkeit ihrer Erscheinung, im nächsten §. ausführlich beschäftigen werden.

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass das Material der Auswürflinge nicht in allen Fällen lediglich von der den Krater erfüllenden Lava, sondern auch zum Theil von den Seitenwänden des Kraters und von den Wänden des Eruptionscanales abstammt, von welchen durch die fortwährenden Explosionen und heftigen Erschütterungen grössere und kleinere Theile losgesprengt, zertrümmert und zugleich mit den Schlacken in die

Luft geschleudert werden. Auf diese Weise können bisweilen Gesteinsfragmente, welche in grossen Tiefen abgesprengt und mit der Lava heraufgetrieben worden sind, unter den übrigen Auswürflingen vorkommen; und so sind z. B. die am Vesuv, in den vulcanischen jedoch submarin gebildeten Tuffschichten des Monte Somma vorkommenden, durch ihre mancherlei Mineral-Einschlüsse bekannten Kalksteinstücke zu erklären.

Wenn man bedenkt, welche Grösse und welches Gewicht manche Projectilien der Vulcane erreichen, und welche ungeheure Masse derselben bei jeder einzelnen Explosion zu Tage gefördert wird, so gewinnt man schon dadurch eine Vorstellung von der ausserordentlichen Gewalt der vulcanischen Wurfkraft. Aber auch die **Höhe**, bis zu welcher diese Massen aufwärts geschleudert werden, ist bisweilen ganz erstaunlich. Am Aetna müssen nach den Angaben von Recupero die grösseren Auswürflinge zuweilen über 6000 F. hoch in die Luft geflogen sein; Brioschi schätzte die Höhe der aufsteigenden Schlacken- und Aschensäule des Vesuv bei der Eruption im October 1822 auf 7000 Fuss, und Hamilton dieselbe bei der Eruption von 1779 auf wenigstens 10000 Fuss; der Cotopaxi aber hat nach Condamine bei seiner Eruption im Jahre 1533 Felsstücke von 8 bis 9 F. Durchmesser in schräger Richtung fast $1^3/_4$ Meile weit geschleudert.

Uebrigens wirkt diese Wurfkraft der Vulcane theils in verticaler Richtung, wobei die grösseren Auswürflinge in den Krater zurückfallen, theils in schräger Richtung, wobei sie in parabolischen Bogen nach aussen fliegen, theils in horizontaler Richtung. Die beiden ersteren Arten von Auswürfen kommen bei **allen** Eruptionen vor; die dritte Art ist weit seltener, und kann natürlich nur dann Statt finden, wenn die Axe des feuerspeienden Schlundes sehr nahe horizontal liegt. Monticelli beobachtete am Vesuv im Jahre 1813 die Erscheinung eines horizontalen Auswurfs aus einer Spalte, die sich an der Ostseite des Kegels geöffnet hatte. Auch de Bottis und der Pater della Torre erwähnen horizontale Auswürfe von einigen früheren Eruptionen des Vesuv*).

§. 50. *Auswürfe von vulcanischer Asche.*

Es sind wohl nur selten Eruptionen vorgekommen, welche nicht von Auswürfen der sogenannten vulcanischen Asche begleitet gewesen wären. Dass man dabei nicht an wirkliche Asche, d. h. an den Rückstand der

*) **Monticelli**, der Vesuv, S. 138.

Verbrennung von irgend verbrennlichen Körpern zu denken habe, versteht sich von selbst. Nur die äussere Aehnlichkeit mit gewöhnlicher Asche war die Veranlassung, dass man dieses feine, staubartige, weiss oder grau, bisweilen auch schwarz erscheinende Material mit dem Namen vulcanische Asche *(cendres volcaniques)* belegte.

Cordier hat es zuerst durch genaue Untersuchungen nachgewiesen und Elie de Beaumont, Dufrénoy u. A. haben es später bestätigt*), dass die Asche wesentlich aus ganz kleinen Theilchen derselben Mineralien besteht, welche die Lava zusammensetzen; woraus sich denn ergiebt, dass sie auf irgend eine Weise aus der Lava gebildet werden muss. Allein über die eigentliche Entstehung derselben, d. h. über die Ursache ihrer feinen staubartigen Form sind verschiedene Ansichten ausgesprochen worden. Die einfachste und natürlichste Erklärung ist wohl die, dass sie durch die gegenseitige Contusion und Friction der auf und nieder fliegenden grösseren Auswürflinge, der Schlacken und Lapilli, gebildet wird. Wenn man bedenkt, dass diese Auswürflinge oft viele Tage hinter einander im dichtesten Gedränge und mit der grössten Gewalt ausgeschleudert werden, dass sie gleichsam einen ununterbrochenen, vertical aufwärts schiessenden Strom von Steinen bilden, welcher von einem abwärts gerichteten Strome der zurückfallenden Steine durchkreuzt wird, so begreift man, dass in und über dem Krater alle Bedingungen zu einem grossartigen Zerstückelungs- und Zerreibungs-Processe gegeben sind, indem sowohl die nach entgegengesetzten Richtungen als auch die nach derselben Richtung fliegenden Stücke vielfältig mit einander in Zusammenstoss gerathen werden, wobei die kleineren von den grösseren zerschmettert, von allen aber die Kanten und Ecken abgeschlagen, zermalmt und pulverisirt werden müssen**).

Freilich setzt diess schon einen gewissen Grad der Erstarrung voraus, und daher ist es wohl erklärlich, warum die Aschenausbrüche häufig erst gegen das Ende der Eruptionen eine sehr feine und weisse Asche

*) *Cordier, Distribution methodique des substances volcaniques; Elie de Beaumont,* in den *Comptes rendus*, 1837, 15. Mai. *Dufrénoy* in den *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, IV, p.* 387 ff.

**) Man kann sagen, dass über jedem vulcanischen Krater während einer heftigen Eruption ein förmlicher Aufbereitungsprocess im Gange ist, bei welchem die Wurfkraft die Zermalmung der Massen, und die Luftströmungen die Trennung des groben vom feinen Schutte bewirken, indem die grossen Auswürflinge in der Nähe des Kraters niederfallen, die Lapilli, der Sand und die Asche aber, vom Winde getrieben, in desto grösseren Entfernungen zum Niederschlage kommen, je feiner sie sind.

liefern, weil nämlich dann die flüssige Lavasäule schon tiefer in den Eruptionscanal zurückgesunken ist, wodurch offenbar die zur gegenseitigen Zermalmung und Pulverisirung der Auswürflinge erforderlichen Bedingungen in weit höherem Maasse erfüllt sind*). Ein grosser Theil der Asche mag also wirklich als das Product einer solchen gegenseitigen Zerreibung der bereits erstarrten Schlackenstücke zu betrachten sein.

Die grosse Feinheit und Gleichmässigkeit des Kornes der Asche, so wie die ganz erstaunliche Menge, in welcher sie zuweilen ausgeworfen wird, veranlassten jedoch Menard de la Groye und Moricand, noch eine andere Erklärung aufzustellen**), indem sie die Ursache ihrer Bildung in einer förmlichen Zerstiebung der noch flüssigen Lava suchten, welche durch die aus ihr erfolgenden Dampf-Explosionen, auf ähnliche Weise wie das aus einem Gewehre abgeschossene Wasser, in äusserst feine Tropfen zerschlagen wird. Gleichwie nun das durch den Schuss in Staubregen verwandelte Wasser bei sehr strenger Kälte zu einem Eisstaube erstarren würde, so erstarrt die zerstiebte flüssige Lava zu einem Steinstaube, welcher bei der ununterbrochenen Thätigkeit der Explosionen fortwährend in grosser Menge gebildet und aus dem Krater hinausgetrieben wird. Menard nannte die solchergestalt in staubförmigen Theilchen erstarrte Lava *lave pulvérulente*, und in der That dürfte seine Ansicht Manches für sich haben, und daher ein Theil der Asche wirklich auf diese Weise gebildet werden.

Insbesondere spricht auch die bisweilen ganz eigenthümliche Weise des Hervorbrechens der Asche aus dem Krater für Menard's Ansicht. Man sieht, wie sich ein ungeheurer, scharf begränzter, rund gestalteter Wolken-Cumulus aus dem Krater erhebt und aufbläht, je höher er steigt, etwa so wie der Pulverdampf eines Geschützes im ersten Momente nach dem Abfeuern; eine neue Wolke folgt schnell der ersteren mit gleicher Erscheinung, und so unzäh-

*) Am Vesuv ist es eine vielfältig bestätigte Erfahrung, dass die Asche gegen das Ende der Eruptionen sehr fein und weiss ist (Monticelli, der Vesuv, S. 30 und 116). Daher wird ihre Erscheinung als ein freudiges Ereigniss, als ein Vorbote der wiederkehrenden Ruhe begrüsst. So berichtet Leopold v. Buch über das Ende der Eruption von 1794: »am 24. und mehr noch am 26. Juni fiel wieder Asche auf die Seite gegen Neapel; aber als sie die Einwohner erblickten, erhoben sie ein Freudengeschrei; denn sie war nicht mehr dunkelgrau oder schwarz, wie bisher, sondern hellgrau und zuletzt beinahe ganz weiss. Die Erfahrung aller Eruptionen hatte gelehrt, dass diess der letzte Bodensatz im glühenden Innern des Berges sei, und dass mit ihm die ganze Eruption gewöhnlich endige.« (Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 114.)

**) Breislak, Lehrbuch der Geologie, II, S. 126 ff.

lige hinter einander bis zu unabsehbaren Höhen*). Hier scheint wirklich nur eine, durch explodirende Dämpfe bewirkte ausserordentlich feine Zerstiebung der noch flüssigen Lava die Sache zu erklären. Und so dürften denn wohl beide Ursachen gemeinschaftlich wirken, d. h. die vulcanische Asche entsteht theils durch eine gegenseitige Zerreibung der festen Lavastücke und der von den Wänden des vulcanischen Schlundes losgesprengten Fragmente, theils durch eine förmliche Zerstiebung der flüssigen Lava.

Damit dürfte denn auch die bisweilen beobachtete Eruption der Asche in förmlichen kleinen Strömen im Zusammenhange stehen. Dergleichen Ströme von trockener Asche oder sehr feinem Sande erwähnt schon Cassiodorus von dem Ausbruche des Vesuv im Jahre 512 nach Christi Geburt; *videas illic*, sagt er, *quasi quosdam fluvios ire pulvereos, et arenam sterilem impetu fervente velut liquida fluenta decurrere*. Aehnliche Staubbäche sind bei dem Ausbruche von 1631 vorgekommen und es wird ausdrücklich berichtet, dass der Sand wirklich ausgeworfen worden, und einem Strome gleich die Abhänge heruntergeflossen sei. Die neuesten Fälle der Art beobachtete Monticelli im Jahre 1823. »Wir verweilten,« so erzählt er, »auf der Ebene der Pedamentina, am Fusse des Kegels, um hier von weitem zu beobachten, was am Rande des Kraters vorgehen würde. Nach einigen Minuten vernahmen wir einen leisen Knall, der aus der Tiefe des Schlundes hervorging, und in demselben Augenblicke sahen wir zwei rauchende Bächlein, in der Richtung auf uns zu, den Kegel herabfliessen. Einige Minuten nachher liessen sich neue Schläge hören, und neue, von grossen Rauchwolken begleitete Bächlein rannen von demselben Puncte herunter, wo die ersten erschienen waren. Voll Neugierde näherten wir uns diesen Bächlein, um ihre wahre Beschaffenheit zu erforschen, und wir entdeckten mit Erstaunen, dass sie aus blossem trocknen Sande bestanden. Der Rauch, welcher von ihrer Oberfläche aufzugehen schien, war der feinste Sandstaub, den der Wind in die Höhe trieb.« (Der Vesuv, von Monticelli, S. 181 f.)

Auch hat man wohl die Ansicht ausgesprochen, dass die Asche zum Theil aus plötzlich erstarrenden Gesteinsdämpfen (?) gebildet werde; was jedoch wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat, wenn auch nicht abzuläugnen ist, dass wohl unter günstigen Umständen die Bestandtheile der Laven auch auf dem Wege der Sublimation gebildet werden könnten. — Dagegen liesse sich vielleicht für die Theorie der Aschenbildung eine, gleichfalls zuerst von Zincken beobachtete und beschriebene Eigenthümlichkeit mancher Hohofenschlacken benutzen. Die vollkommen glasige Schlacke des Hohofens in Mägdesprung decrepitirt bisweilen während ihrer Erstarrung zu einem feinen Pulver, und der Hüttenmeister Bischof daselbst sah einmal eine bräunliche Schlacke so lebhaft in Pulver zerfallen, dass sie wie ein Ameisenhaufen in Bewegung gerieth; nach einigen Stunden war die ganze Masse in ein hellgelbes Pulver verwandelt**). Sollten nicht ähnliche Erscheinungen an manchen Schlacken des vul-

*) Leopold v. Buch, Geognostische Beobachtungen u. s. w., II, S. 111. Man sollte glauben, dass eine mikroskopische Untersuchung der Form der Aschentheilchen über die Richtigkeit der von Menard aufgestellten Ansicht entscheiden müsste.

**) Poggendorff's Annalen, Bd. 74, 1848, S. 105.

canischen Heerdes vorkommen können? Auch hat Dufrénoy die Vermuthung aufgestellt, dass die Asche das Resultat einer durch die heftige Bewegung der Lava gestörten Krystallisation sein möge, etwa so, wie eine in fortwährender Bewegung erhaltene Salpetersolution staubförmigen Salpeter liefert*). — Ganz sonderbar war die Ansicht von De Luc, Vater und Sohn, dass die vulcanische Asche die ursprüngliche staubartige Substanz des Innern unseres Planeten sei, und dass die Lava erst durch das Zusammenschmelzen dieses Urstaubes, der sogenannten *pulvicules*, gebildet werde. Der ältere De Luc gründete auf diese seltsame Hypothese ein ganzes geologisches System, von welchem man wohl im eigentlichen Sinne des Wortes sagen kann, dass es auf Sand gebaut sei.

Die Asche wird gewöhnlich zugleich mit den Schlacken und dem Sande ausgeworfen, scheint aber bisweilen, und besonders während gewisser Stadien der Eruption, als das vorwaltende Auswurfsmaterial aufzutreten. Anfangs erhebt sich die Sand- und Aschensäule senkrecht hoch in die Luft, bis endlich die Wurfkraft und die Steigkraft der sie fortreissenden Dämpfe durch die Schwerkraft und den Widerstand der Luft überwunden werden. Aber die ununterbrochen nachschiessenden Massen lassen die vorausgegangenen nicht zum Niederfallen kommen; sie müssen seitwärts ausweichen, bis sie von Luftströmungen erfasst werden, welche das feinere Material mit sich fortführen, und zu einer weit ausgedehnten Wolkenschicht ausbreiten, die wie ein Schirmdach von der Aschensäule getragen zu werden scheint. Daher verglich schon der jüngere Plinius**) die ganze Erscheinung sehr treffend mit der Form einer Pinie, „mit dem stolzen Baume des wärmeren Italiens," wie Leopold v. Buch sagt, „dessen Laub von wenigen Zweigen in gleicher Höhe getragen, über dem schlanken Stamme hoch in der Luft schwebt. Fast

*) *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, IV, p.* 389; auch *p.* 311, wo es als sehr wahrscheinlich hingestellt wird, dass die feurig flüssige Lava im Krater selbst zu feinen sandartigen Theilen erstarren könne.

**) *Nubes oriebatur, cujus formam non alia magis arbor quam pinus expresserit. Nam, longissimo veluti trunco elata in altum, quibusdam ramis diffundebatur. Credo, quia recenti spiritu evecta, deinde senescente eo destituta, aut etiam pondere suo victa, in latitudinem evanescebat. Plinii epist. VI*, 16. Doch ist es nicht immer diese Form, deren Erscheinung wohl auch bisweilen mehr ein Effect der Perspective sein und also vom Standpuncte des Beobachters abhängen dürfte. Zuweilen sieht man, wie die Aschensäule sich oben nach einer Seite umbiegt und nur nach dieser Richtung hin ausbreitet. So berichtet Monticelli von der Aschensäule des Vesuv bei der Eruption am 22. October 1822, dass solche als ein prachtvoller Cylinder senkrecht aufsteigend sich in der Höhe zu einem parabolischen Bogen krümmte, dessen Ende über der Stadt Neapel hin und her zu schwanken schien. Der Vesuv, von Monticelli, u. s. w., *S.* 85.

keiner Eruption fehlt diese düstere hehre Gestalt,“ deren Schatten bald die ganze Umgegend in eine Finsterniss hüllen, durch welche die Sonne höchstens wie eine matte blutrothe oder brandgelbe Scheibe hindurchschimmert; ja, nicht selten tritt am hellen Tage die völlige Dunkelheit der Nacht ein.

Alle Gegenden, über welche die unheilschwangeren Wolken dahin treiben, werden von einem Sand- und Aschenregen heimgesucht; weder Berge noch Thäler noch das Meer gewähren einen Schutz vor dem verheerenden Flogenwetter, welchem Alles wie einer allgemeinen Landplage unterliegt. Die Lapilli fallen näher am Berge zu Boden, während der Sand und die Asche viele Meilen weit über Länder und Meere entführt werden. Unglaublich ist die Ausdehnung, bis zu welcher sich diese Aschenfälle verbreiten können, und wir müssen sie unbedingt unter den bleibenden Wirkungen der Vulcane als die am weitesten reichenden anerkennen, wenn wir erfahren, dass sich das Gebiet ihres Niederschlages bisweilen nicht nach Hunderten, sondern nach Tausenden von Quadratmeilen berechnet.

Die Asche des Vesuv ist nach Hamilton im Jahre 1794 über 25 Meilen weit bis nach Calabrien, im Jahre 472 aber nach Procopius sogar bis nach Constantinopel geflogen. Bei dem ausserordentlich starken, 12 Tage lang dauerndem Sand- und Aschenregen im Jahre 1822 (wohl dem bedeutendsten, den der Vesuv seit dem Jahre 79 gezeigt hat) war die Atmosphäre in Resina, Ottajano, Torre-del-Greco, Bosco-tre-case, ja sogar in Amalfi, $3\frac{1}{2}$ Meilen vom Vesuv, dermaassen verdunkelt, dass man bei Tage Lichter anzünden musste; die Asche verbreitete sich aber damals einerseits bis nach Ascoli, welches 56, anderseits bis nach Casano, welches 105 Ital. Meilen vom Vesuv entfernt ist. Die Asche des Aetna ist schon mehre Male bis nach der Insel Malta, und einige Male bis an die Küsten von Africa getragen worden.

Der Sand- und Aschenregen, welcher im Jahre 1812 die Bewohner der Insel St. Vincent mit dem Schicksale Herculanums bedrohte, begrub bald jede Spur von Vegetation; die Vögel fielen zu Boden, das Vieh starb aus Mangel an Futter, weil kein Grashalm, kein Blatt mehr zu entdecken war; die Pflanzer, Neger und Cariben flohen vom Lande nach der Stadt. Aber der unterirdische Donner wurde immer heftiger, immer zusammenhängender; die ganze Atmosphäre gerieth in eine unaufhörlich schwingende und schwirrende Bewegung, welche das Gefühl wie das Gehör gleich stark angriff, und prasselnd wie Hagelschlag sauste der schwarze Sand in dichten Schauern auf die Dächer hernieder, während gleichzeitig zahllose grössere Steine wie Bomben in die Gebäude und auf die Erde stürzten. Sogar die Insel Barbados, 16 Meilen von St. Vincent, wurde von diesem Aschenregen heimgesucht. Wie eine schwarze Wand sah man über das Meer die Aschenwolke heranziehen, welche bald auf Barbados eine so grausige Finsterniss verbreitete, dass es in den Zimmern unmöglich war, die Fenster zu erkennen, und dass ein weisses Taschentuch in 5 Zoll Entfernung nicht mehr sichtbar war.

Der Aschenfall bei der im April 1815 Statt gefundenen furchtbaren Eruption des Tomboru auf der Insel Sumbawa verheerte nicht nur den grössten Theil dieser Insel, sondern erstreckte sich in westlicher Richtung nach Java an 70, und in nördlicher Richtung nach Celebes über 40 Meilen weit in einer solchen Stärke, dass bei hellem Tage völlige Dunkelheit eintrat; ja, sogar noch bei Benkulen auf Sumatra, auf Banda und Amboina fiel etwas Asche nieder, und westlich von Sumatra war das Meer mit einer an 2 Fuss starken Schicht schwimmender Lapilli bedeckt, durch welche sich die Schiffe nur mit Mühe einen Weg bahnen konnten; so dass man ohne Uebertreibung einen Raum von vielen tausend Quadratmeilen annehmen kann, über welchen sich dieser Sand- und Aschenregen verbreitete *).

Der kleine Vulcan Cosiguina am Meerbusen von Fonseca in Centro-Amerika hatte im Jahre 1834 nach 26jähriger Ruhe eine fürchterliche Eruption, bei welcher sich der Aschenregen dermaassen verbreitete, dass eine völlige Verfinsterung der Atmosphäre über einen Kreis von 35 Meilen Halbmesser Statt fand. Die Asche flog ausserdem in westnordwestlicher Richtung 80 Meilen weit bis nach dem Staate Chiapa in Mexico, und wurde durch eine obere südwestliche Luftströmung bis nach Kingston auf Jamaica, also über 170 Meilen weit so reichlich entführt, dass sich der Himmel über der ganzen Insel verdunkelte; ja, sogar in 225 Meilen Entfernung war das Meer mit schwimmenden Bimssteinen bedeckt **).

§. 51. *Wirkungen der Schlackenauswürfe, der Sand- und Aschenregen.*

Dass dergleichen Regen von Lapilli, Sand und Asche, welche oft viele Tage nach einander ununterbrochen mit grosser Heftigkeit fortdauern, eine verheerende Wirkung auf die ganze Umgegend des Vulcans ausüben müssen, ist einleuchtend. Grosse Landstriche werden von dem Sande und der Asche, wie von einem Schneefalle, bald nur mehre Linien, bald viele Zoll hoch, oft noch weit höher bedeckt; die Vegetation wird begraben und erstickt, die Vögel fallen aus der Luft; andere Thiere sterben durch Verschüttung oder aus Mangel an Futter, und die Dächer der Gebäude brechen unter ihrer Last zusammen. Glücklicher Weise liefert die meiste Asche einen fruchtbaren Boden, so dass die Vegetation bald wieder auf der neu gebildeten Oberfläche zur Entwicklung gelangt.

In der unmittelbaren Nähe des Vulcans, wo die meisten und grössten Auswürflinge zu Boden fallen, häufen sie sich oft zu so mächtigen Schichten an, dass Häuser, Sträucher und Bäume unter ihnen begraben werden. Am

*) Raffles, die Vulcane auf Java, deutsch bearbeitet von Nöggerath, S. 25 ff. und *Lyell Principles, 7. ed., p.* 442.

**) *Lyell Principles, 7. ed., p.* 335 und *Archiac, Histoire des progrès etc., I, p.* 559.

23. October 1822 lag am Vesuv in Bosco-tre-case die Sandschicht 1 Fuss hoch, und bei Torre-dell-Annunziata waren die Wege dergestalt verschüttet, dass aller Verkehr gehemmt wurde. Am 30. October fand Monticelli den vulcanischen Schutt in Bosco-tre-case 1 Fuss, eine italienische Meile weiter aufwärts $1\frac{1}{2}$ Fuss und nahe am Kraterrande 5 Fuss hoch aufgehäuft. Bei dem Ausbruche des Cosiguina im Jahre 1834 lag die Asche 8 Stunden südlich vom Krater über 10 Fuss hoch, und verwüstete die Wohnungen und Wälder; das Vieh kam zu vielen Tausenden um, die wilden Thiere suchten Schutz in Städten und Dörfern, und in den Flüssen schwammen unzählige todte Fische.

Bedenkt man nun, dass sich diese Ereignisse bei den meisten Vulcanen von Zeit zu Zeit wiederholt haben, so begreift man, welchen bedeutenden Einfluss sie im Laufe der Jahrhunderte auf die ganze Umgegend ausüben müssen, deren Oberflächengestalt in grösseren Zeiträumen ganz ähnlichen Veränderungen unterliegen wird, wie sie nach Verlauf einiger Jahre die Oberfläche eines Landstrichs erleiden müsste, welcher plötzlich in die Regionen des ewigen Schnees erhoben würde.

Allein sowohl die verheerenden als die umgestaltenden Wirkungen werden auf das Höchste gesteigert, wenn sich zu den vulcanischen Sand- und Aschenregen noch jene wässerigen Niederschläge der Atmosphäre, jene Gewitter und wolkenbruchähnlichen Platzregen gesellen, welche nach §. 48 so gewöhnliche Begleiter der Eruptionen sind. Dann fällt die Asche feucht und klebrig hernieder, und hängt sich wie feiner Schlamm an die Blätter und Zweige der Bäume und Pflanzen, welche bald gänzlich incrustirt sind, dadurch in ihren organischen Functionen gehemmt werden und zuletzt absterben*). Auf diese Weise sind, selbst bei weniger starken Aschenfällen, in der Umgebung des Vesuv ganze Weingärten und Olivenpflanzungen zu Grunde gegangen. Doch weit schrecklicher noch giebt sich die Mitwirkung jener Regengüsse durch die von ihnen erzeugten Fluthen zu erkennen. Von allen Seiten schiessen die Wasserströme an den Abhängen des Berges hinab, sie raffen in ihrem Laufe die schon gefallenen und die noch fallenden Auswürflinge mit sich fort, sie zerwühlen und zerreissen selbst die tieferen Schichten des Abhangs, und wälzen sich endlich als mächtige Schlammfluthen in die unteren, am Fusse des Berges gelegenen Gegenden. Diese Schlammfluthen gehören unstreitig zu den fürchterlichsten Ereignissen der vulcanischen

*) Zuweilen ist diese feucht niederfallende Asche stark gesäuert, wenn während der Eruption viele saure Dämpfe ausgehaucht werden. So war z. B. der im November 1843 vom Aetna ausgeworfene Sand theilweis gleichsam getränkt mit gewässerter Salzsäure, so dass durch seine Berührung blaue Kleider roth gefärbt und zarte Gewächse zerfressen wurden.

Eruptionen, und zu den mächtigsten Ursachen der Umgestaltungen des Bodens, welche sich in der Nähe der Vulcane begeben können, indem durch sie die Massen der losen Auswürflinge bisweilen in ganz erstaunlicher Höhe und Ausdehnung zusammengeschwemmt und aufgehäuft worden sind.

Daher werden auch diese Ströme von Schlamm, oder *lava d'acqua* wie sie die Neapolitaner nennen, oft weit mehr gefürchtet, als die Ströme der eigentlichen Lava, oder *lava di fuoco*.

So wälzte sich am 27. October 1822 eine Schlammfluth vom Vesuv nach der Gegend von Ottajano hinab, erreichte die beiden Dörfer St. Sebastiano und Massa, warf die Mauern vor sich nieder, füllte die Strassen und das Innere mehrer Gebäude aus und begrub einige Wohnungen bis über die Dächer, wobei 7 Menschen erstickt wurden. Bei der grässlichen Eruption des Galunggung auf Java, am 8. October 1822 (der ersten, welche seit Menschengedenken Statt fand), zerstiebte fast der ganze Gipfel des Berges, und seine Trümmer vereinigten sich mit den losen Auswürflingen und den Wassern, die theils vom Vulcane ausgespieen, theils von Regengüssen geliefert wurden, zu den fürchterlichsten Schlammfluthen, unter welchen ein grosser, herrlich cultivirter Landstrich mit 114 Dörfern völlig begraben wurde. Auf dieselbe Weise gingen im Jahre 79 die beiden Städte Herculanum und Pompeji zu Grunde; denn nur durch dergleichen Schlammfluthen, keinesweges durch einen blosen Aschenregen oder durch bedeckende Lavaströme wurde damals jenes Schicksal über sie verhängt*). Acht Tage und Nächte währte der Sand- und Aschenregen, mit welchem sich Regengüsse zur Bildung von Schlammströmen vereinigten, welche, durch ungeheure Massen von Bimssteintuff verstärkt, auf beide Städte hinabstürzten; nur auf diese Weise ist die stellenweise bis 112 Fuss betragende Höhe der Bedeckung zu begreifen, nur auf diese Weise ist es erklärlich, wie die innersten Räume der Gebäude und selbst die Keller ausgefüllt, und alle Gegenstände so vollkommen eingehüllt werden konnten, dass das sie einhüllende und jetzt wieder als Bimssteintuff erscheinende Material förmliche Abdrücke von ihnen gebildet hat; wie man denn z. B. in Pompeji den Abdruck einer Frau mit einem Kinde in den Armen gefunden hat, welcher das Skelett ihres Körpers umschloss. Daher stehen das Theater und die übrigen Gebäude von Pompeji und das schöne Theater von Herculanum noch jetzt, wie sie ehemals standen, und man durchwandert die ausgegrabenen Strassen, ohne Spuren von anderen Zertrümmerungen der Gebäude zu bemerken, als diejenigen, welche durch den Druck der aufliegenden Tuffschichten entstanden sind. Das Holzwerk der Gebäude, Fischernetze, Leinwand, Papyrusrollen, selbst rohe und eingemachte Früchte fanden sich noch in einem mehr oder weniger erhaltenen, meist braunkohlenähnlichen Zustande. Uebrigens muss es fast der ganzen Bevölkerung gelungen sein, zu entfliehen, denn man findet im Ganzen nur wenige menschliche Skelette.

*) Doch ist über Herculanum nach der Bedeckung durch die Schlammfluth noch ein Lavastrom hinweggeflossen.

Beide Städte lagen ursprünglich am Meere; Herculanum befindet sich auch jetzt noch nahe an der Küste, Pompeji aber ist $^1/_4$ Meile davon entfernt, indem durch die damalige und durch spätere Eruptionen nach und nach so viel Material aufgeschüttet wurde, dass das Meeresufer um $^1/_4$ Meile weit hinausgedrängt worden ist.

Dergleichen Zuwachs von Land muss natürlich da häufig vorgekommen sein, wo Vulcane nahe am Meeresufer liegen und im Laufe der Zeiten wiederholt sehr starke Eruptionen von losen Auswürflingen gezeigt haben. Diess ist unter andern sehr auffallend auf der Insel Java, wo von der ehemals am Meere liegenden und im 14. Jahrhundert zerstörten Stadt Madjapahit, durch die seit jener Zeit aufgehäuften und hinausgeschwemmten Auswürflinge der Vulcane Wilis, Klut und Antjuno das Meer um $8^2/_3$ Meilen zurückgedrängt worden ist; denn so weit liegen jetzt ihre Ruinen von der Küste entfernt*). Einige Gegenden am Vulcan Galungung hatten sich im Jahre 1822 durch den vorerwähnten Ausbruch um 50 Fuss erhöht, so dass kaum die Wipfel der Kokospalmen aus dem Schlamme herausragten, und am östlichen und südöstlichen Fusse des Berges wurden die zusammengeschwemmten Massen zu mehren tausend Hügeln von 30 bis 100 F. Höhe aufgehäuft. Am westlichen Fusse des Merapi entdeckte Hartmann 1835 einen alten Hindutempel, welcher so tief in der Asche begraben war, dass kaum einige Steine sichtbar waren. Diese Beispiele beweisen, wie bedeutend die Erhöhung und Vergrösserung des Landes sein kann, welche lediglich durch die Sand- und Aschenregen, oder überhaupt durch die Anhäufung loser vulcanischer Auswürflinge unter Mitwirkung des Wassers gebildet werden.

Wenn dergleichen Aschenregen aus Vulcanen erfolgen, die nahe an der Meeresküste oder auf isolirten Inseln liegen, so werden die Lapilli, der Sand und die Asche auch auf dem Meeresgrunde ausgestreut, wo sie sich durch die Wirkungen der Schwerkraft, des Wellenschlages und der Strömungen zu mehr oder weniger horizontalen Schichten ausbreiten, welche die Ueberreste von Meeresthieren in sich aufnehmen, im Laufe der Zeiten eine ansehnliche Mächtigkeit gewinnen, und zu ganzen, weit ausgedehnten Schichtensystemen anwachsen können. Auf diese Weise sind z. B. in der vorgeschichtlichen Zeit die Ablagerungen von Bimssteintuff gebildet worden, welche im Königreiche Neapel eine so wichtige Rolle spielen, und gegenwärtig, in Folge späterer Erhebungen, am Vesuv, am Stromboli und an einigen anderen Vulcanen zu einer bedeutenden Höhe aufsteigen.

§. 52. *Bildung vulcanischer Berge und Inseln durch lose Auswürflinge.*

Als eine der nächsten Wirkungen der vulcanischen Ejectionen muss sich natürlich eine Vergrösserung des den Krater unmittelbar um-

*) Junghuhn, Topographische und naturwissenschaftliche Reisen durch Java, S. 349 f.

schliessenden Kegels ergeben, auf dessen Abhange während jedes Ausbruches neue Schichten von vulcanischen Schuttmassen aufgehäuft werden. Ja, dieser Kegel selbst ist gewöhnlich in der Hauptsache nur durch die allmälige Anhäufung von Auswürflingen gebildet worden. Daher sehen wir denn auch auf einem jeden grösseren, zusammengesetzten, und in seinem Hauptkörper durch allmälige Erhebungen aufgerichteten Vulcane um die permanente Eruptionsöffnung einen hohen Eruptionskegel, den sogenannten Aschenkegel aufsteigen, welcher sich nach allen seinen Verhältnissen von dem übrigen Theile des Berges wesentlich unterscheidet*), und als eine zwar selbständige, aber nach Form und Grösse mehr oder weniger wandelbare Erscheinung zu erkennen giebt; weil er einestheils durch die successive Anhäufung der Auswürflinge erhöht und vergrössert wird, anderntheils durch Einstürze oder Lavadurchbrüche erniedrigt und verkleinert werden kann. Es ist sogar nicht selten vorgekommen, dass dieser centrale, und gewöhnlich den Gipfel des Berges bildende Eruptionskegel gänzlich zusammengestürzt, und statt seiner ein neuer Kegel gebildet worden ist, indem die Oeffnung des Eruptionscanales ihre Stelle änderte.

Diese Unterscheidung des eigentlichen Berges und seines Eruptionskegels ist äusserst wichtig, weil, wie bereits angedeutet worden und später ausführlich gezeigt werden soll, die ganze Entstehungsweise beider Formen eine wesentlich verschiedene ist, und weil die Verschiedenheit zwischen den einfachen (embryonischen oder transitorischen) Vulcanen und den zusammengesetzten (vollständig entwickelten oder permanenten) Vulcanen nur darauf beruht, dass die ersteren in der Hauptsache nur aus einem Aufschüttungskegel bestehen, während die anderen einen Erhebungskegel zeigen, der nicht nur auf seinem Gipfel einen centralen und fortwährend thätigen Eruptionskegel, sondern auch auf seinen Abhängen viele laterale, nur einmal thätig gewesene Eruptionskegel trägt. So ragt auf dem Piano del Lago, der Gipfelfläche des Aetna, der eigentliche thätige Eruptionskegel auf, und so ist am Vesuv der Monte Somma nur der einseitig erhaltene Rand eines Erhebungskegels, in dessen Krater der jetzt thätige vesuvische Kegel gebildet worden ist. Eben so verhält es sich am Stromboli und an allen zusammengesetzten Vulcanen.

Eine zweite sehr auffallende Wirkung der vulcanischen Ejectionen ist die Bildung jener selbständigen kleinen Kegelberge, jener lateralen Eruptionskegel, welche auf den Abhängen und am Fusse der grösseren Vulcane so häufig vorkommen, und nicht unpassend parasiti-

*) „Aschenkegel und Krater sind von den Dimensionen des Berges völlig unabhängig. Der Vesuv ist mehr als dreimal niedriger als der Pic von Teneriffa, und sein Aschenkegel erhebt sich zu $1/3$ der ganzen Höhe des Berges, während der Aschenkegel des Pics nur $1/22$ derselben beträgt.“ Humboldt Kosmos I, 240.

sche Kegel genannt worden sind, weil sie ihr Material gewissermaassen auf Unkosten des Hauptkegels aus seitlichen Verzweigungen desselben Eruptionscanals bezogen haben, dessen permanente Ausmündung im Hauptkegel gelegen ist.

Die Entstehung dieser lateralen Kegel beruht wesentlich auf einer Erscheinung, deren Ausbildung und Ursache wir später kennen lernen werden; auf der Erscheinung nämlich, dass die Vulcane bei grösseren Eruptionen nicht selten von Spalten durchrissen werden, welche gewöhnlich in der Richtung des Abhangs herablaufen, mit dem Eruptionscanale in Verbindung stehen, und oft bis in sehr grosse Tiefe hinabreichen mögen. Eine so entstandene Spalte vermittelt also eine Communication zwischen dem äusseren Bergabhange und den tieferen Theilen des Eruptionscanals; sie stellt im Kleinen und in Bezug auf das Innere des Berges genau Dasselbe dar, was die Spalten der Vulcanreihen (§. 44) im Grossen und in Bezug auf das Innere der Erde darstellen. Die aus dem Eruptionscanale hervorbrechenden Gase, Dämpfe und Lavamassen werden sich also auch in die Seitenspalte stürzen, werden sich auch dort einen Ausweg suchen, und an denjenigen Stellen, wo solche hinreichend geöffnet ist, ganz ähnliche Eruptions-Erscheinungen in kleinerem Maassstabe hervorbringen, wie wir solche in grösserem Maassstabe am Hauptkrater kennen gelernt haben. So bilden sich denn gewöhnlich längs der entstandenen Spalte einige seitliche Eruptionscanäle aus, deren jeder seine Auswürfe von Schlacken, Lapilli und Sand liefert, welche um die Mündung zu einem mehr oder weniger hohen kegelförmigen Hügel aufgehäuft werden, dessen Gipfel eine kraterförmige Einsenkung zeigt. Uebrigens haben diese Schlacken oft recht feste und consistente Schichten gebildet, indem die grösseren Stücke, wenn sie bei ihrem Niederfallen noch sehr heiss waren, zusammen gesintert und geschweisst sind, wodurch sie zu Schlacken-Conglomeraten verbunden wurden, welche, ungeachtet ihrer porosen und cavernosen Beschaffenheit, doch einen sehr bedeutenden Zusammenhalt besitzen können.

Auf diese Weise entstand am Vesuv, bei der grossen Eruption im Jahre 1794, ungefähr 900 Fuss unter dem Gipfel, eine 3000 Fuss lange Spalte, längs welcher sich nicht weniger als 8 verschiedene kleine Eruptionskratere und Schlackenkegel, die sogenannten Bocche nuove, ausbildeten*).

Auf der Insel Lanzarote sah Leopold v. Buch unweit Tinguaton, ausser vielen kleineren, 12 grössere, 300 bis 400 Fuss hohe Lapillenkegel in einer über 2 Meilen langen Linie hinter einander liegen, welche jedenfalls, eben so

*) Leopold v. Buch, Geognostische Beobachtungen u. s. w., II, S. 96 ff.

wie die Bocche nuove am Vesuv, auf einer und derselben Spalte gebildet worden sind*).

Auf den Abhängen des Aetna finden sich über 700 dergleichen kleinere Kratere und Schlackenkegel, die alle auf ähnliche Weise entstanden sind, und von denen der Monte Minardo bei Bronte 700 Fuss, und der eine der Monti Rossi 420 Fuss hoch ist. Und so gibt es überhaupt wenige grössere Vulcane, welche nicht auf ihren Abhängen und an ihrem Fusse eine grössere oder geringere Anzahl von solchen parasitischen Kegeln tragen.

Gerade so, wie die Entstehung dieser parasitischen Kegel auf den Abhängen der grösseren Vulcane, ist auch die Ausbildung zahlloser kleinerer Vulcane zu erklären, welche gewissermaassen im embryonischen Zustande verblieben sind, indem bei ihnen die vulcanische Thätigkeit nur eine einzige Eruption zu Stande gebracht hat, dann aber wieder gänzlich erloschen ist.

Dergleichen Vulcane besitzen gewöhnlich nur die Höhe von einigen hundert Fuss, bestehen lediglich aus Schichten von Schlacken, Lapilli und vulcanischem Sande, und haben wohl auch in manchen (aber keinesweges in allen) Fällen noch einen oder ein paar Lavaströme geliefert, welche den Kraterrand an einer Stelle durchbrachen, und in der so entstandenen Lücke zum Ausflusse gelangten. Sie sind daher in der Hauptsache gar nichts Anderes, als Aufschüttungskegel, welche durch einen vorübergehenden Ausbruch des Vulcanismus, theils in der Nachbarschaft grösserer, permanenter Vulcane, theils auch in solchen Gegenden entstanden, wo die Natur niemals einen vollständig entwickelten Vulcan zur Ausbildung gebracht hat.

Diese Producte einer blos transitorischen Wirkung des Vulcanismus finden sich nun in sehr vielen Ländern, und wie geringfügig sie auch im Vergleich zu den grösseren Vulcanen, als den Producten einer permanenten Wirkung des Vulcanismus erscheinen mögen, so sind sie doch eben so gewiss als das Werk derselben abyssodynamischen Thätigkeit zu betrachten, wie diese letzteren; sie gewinnen aber insofern eine grosse Bedeutung, wiefern sie uns das Vorhandensein der materiellen Ursache dieser Thätigkeit auch unterhalb solcher Gegenden darthun, in welchen es niemals permanente Vulcane gegeben hat. Dass übrigens bei der Bildung solcher embryonischen Vulcane in ihrer Umgegend eben so wohl Regen von Lapilli und Sand Statt finden können, wie bei jeder Eruption eines grösseren Vulcans, diess bedarf kaum der Erwähnung; denn der ganze Bildungsact ist ja eigentlich gar nichts Anderes, als eine dergleichen

*) Physikalische Beschreibung der Canarischen Inseln, S. 305 f.

Eruption, nur mit dem Unterschiede, dass solche nicht aus einem schon vorhandenen Vulcane, sondern aus einer ganz neu gerissenen Spalte der Erdkruste erfolgt. Daher finden sich denn auch in der Nähe dieser einfachen oder rudimentären Vulcane gar nicht selten Ablagerungen von Schlacken, Lapilli und vulcanischem Sande, welche in solchen Gegenden, wo viele dergleichen Vulcane zur Ausbildung gelangten, zu mächtigen und weit verbreiteten Schichtensystemen von vulcanischen Tuffen umgebildet worden sein können.

Die erloschenen Vulcane von Clermont in Frankreich, welche wesentlich aus Schlacken, Lapilli und Sand aufgeschüttet sind, und von denen der höchste, der Puy de Pariou, nur 600 Fuss eigenthümliche Höhe erreicht, die erloschenen Vulcane der Eifel in Rheinpreussen, diejenigen von Olot und Castel-Follit in Catalonien, und viele ähnliche aus anderen Gegenden liefern ausgezeichnete Beispiele von dergleichen embryonischen, bald nach ihrer Geburt, und noch im ersten Stadio ihrer Entwicklung zum Erlöschen gekommenen Vulcanen, welche sich nach allen ihren Verhältnissen nur mit jenen lateralen Eruptionskegeln der grösseren, vollständig entwickelten Vulcane vergleichen lassen. Ebenso sind der im Jahre 1538 entstandene, 428 F. hohe Monte nuovo und der noch grössere Monte Barbaro, so wie einige andere Kegel der phlegräischen Felder bei Neapel wohl nur als Aufschüttungskegel zu betrachten, wenn auch nicht zu läugnen ist, dass bei der Bildung des erstern Berges eine Emporhebung des ganzen dortigen Küstenstriches Statt gefunden hat*). Dieser Berg wurde nämlich am 29. und 30. September des Jahres 1538, also in Zeit von 48 Stunden gebildet, und zwar wesentlich durch einen Bimsstein- und Aschenausbruch, welcher aus einer ganz neu gebildeten Oeffnung mit ungemeiner Heftigkeit erfolgte, wie die gleichzeitigen Berichte von Falconi, Pietro di Toledo und Francesco del Nero gar nicht bezweifeln lassen**), aus welchen sich ergiebt, dass der Aschenfall ein sehr bedeutender gewesen ist, und in 45, ja 70 Miglien Entfernung seine nachtheiligen Wirkungen auf die Vegetation geäussert hat. Auch wird ausdrücklich bemerkt, dass die Asche zum Theil im feuchten, schlammartigen Zustande niedergefallen sei. Da der Berg sich unmittelbar an der Meeresküste bildete, und sein Kraterboden noch gegenwärtig nur 20 Fuss (nach Hoffmann 56 F.) über dem Meeresspiegel liegt, so ist es begreiflich, dass bei der Eruption das Meerwasser mit im Spiele war, und dass die, grossentheils aus zermalmtem Bimssteintuff bestehenden Auswürflinge im feuchten Zustande niederfielen und später zu ähnlichen Tuffmassen erhärteten. Der vollständig geschlossene, weder von Schrun-

*) Gegen die Ansicht, dass der Monte nuovo ein Erhebungskegel sei, erklärten sich unter Anderen Abich, in seinem Werke: Ueber die Natur und Zusammensetzung der vulcanischen Bildungen, 1841, S. 41; Philippi im Neuen Jahrbuche für Mineralogie u. s. w., 1841, S. 67; Lyell in seinen *Principles of Geology*, 7. *ed.*, *p.* 353 ff.

**) Man vergleiche *Lyell, Principles*, *ed.* 7, *p.* 354, und v. Mathiesen im Neuen Jahrbuche, 1846, S. 589 u. 699 ff.

den durchrissene, noch von Gängen durchsetzte Kraterwall gestattet wohl gar keine andere Annahme, als die, dass der Monte nuovo ein Eruptionskegel sei. Uebrigens berechnet Philippi das Volumen des Berges zu ungefähr 1297 Millionen Cubikfuss, was etwa 22 Mal das Volumen der Sand- und Lapilli-Massen übertrifft, welche bei der in den ersten Tagen des Jahres 1839 erfolgten Eruption des Vesuv ausgeworfen worden sind.

Wie sich dergleichen Ereignisse auf dem Lande zugetragen und dort die Entstehung von vulcanischen Bergen bedingt haben, so sind sie auch oft auf dem Meeresgrunde vorgekommen, und die Ursache der Entstehung von neuen vulcanischen Inseln gewesen, welche aber gewöhnlich nach kurzem Dasein wiederum verschwunden sind, weil die aus losen Auswürflingen aufgeschütteten Kegel, deren hervorragende Gipfel die Inseln bildeten, der zerstörenden Gewalt der Meereswogen nicht lange Widerstand zu leisten vermochten. Es können daher in früheren Zeiten an zahllosen Puncten des Meeresgrundes solche Ereignisse Statt gefunden haben, ohne dass irgend eine Kunde davon zu uns gelangt ist. Uebrigens sind diese, durch Aufschüttung loser Auswürflinge gebildeten Inseln von denen durch Erhebung des Meeresgrundes entstandenen Inseln wohl zu unterscheiden.

So bildete sich im Jahre 1757, etwa 3 Engl. Meilen von Pondicherry, eine Insel von einer Engl. Meile Durchmesser, aus deren Krater unter furchtbarem Getöse und unter Feuer-Erscheinungen Asche, Sand und Bimsstein-Lapilli in solcher Menge ausgeworfen wurden, dass die Schiffe nur mit Mühe durch die schwimmenden Bimssteine ihren Curs verfolgen konnten.

Etwa einen Monat vor der grossen Eruption des Skaptar-Jökul im Jahre 1783 erfolgte bei Island, 6 Meilen südwestlich vom Cap Reykianäs eine submarine Eruption, bei welcher so viele Bimsstein-Lapilli ausgeschleudert wurden, dass das Meer 25 Meilen weit damit bedeckt war; zugleich stieg eine Insel aus dem Meere herauf, welche den Namen Nyöe (Neuinsel) erhielt, aber vor Jahresablauf wiederum verschwunden war, und nur eine Bank von 5 bis 30 Faden Tiefe zurückliess.

In der Nähe der Azorischen Insel St. Michael haben sich dergleichen Ereignisse zu wiederholten Malen begeben; so werden submarine, mit Inselbildungen verbundene Eruptionen aus den Jahren 1638, 1691 und 1719 berichtet; der interessanteste, weil nach seinen besonderen Umständen am genauesten bekannte Fall der Art ereignete sich jedoch im Jahre 1811, bei welchem die vom Capitain Tillard nach seinem Schiffe so benannte Insel Sabrina gebildet wurde, welche jedoch, eben so wie die früher entstandenen Inseln, bald wieder von den Meereswellen zerstört wurde. Schon ein halbes Jahr lang war St. Michael von häufigen Erdbeben bewegt worden, welche sich am 31. Januar 1811 mit fürchterlicher Stärke wiederholten. Am 1. Februar verbreitete sich ein starker Schwefelgeruch, und man erhielt die Nachricht, dass bei dem Dorfe Ginetes, zwei Engl. Meilen weit draussen im Meere, Rauch und Feuer aufsteige; zugleich trieb der Wind Aschenwolken bis nach der

18 Engl. Meilen entfernten Stadt Ponta Delgada, wo sie sich auf die Häuser und Felder niedersenkten. Die aus dem Meere aufsteigende, von Asche und anderen Auswürflingen gebildete Säule wurde viele Meilen weit gesehen, erschien bei Nacht wie eine Feuersäule, und brachte das Meer in gewaltige Aufregung. Nach 8 Tagen endigte diese Eruption, und der vorher 50 bis 80 Faden tiefe Meeresgrund war bis nahe unter den Wasserspiegel erhöht. Am 13. Juni verkündigten Erdbeben das Eintreten einer neuen Eruption, welche 2½ Meile westlich von der ersten Stelle, unweit dem Vorgebirge Pico das Camarinhas erfolgte und am 17. Juni ihre grösste Heftigkeit erlangte; eine gewaltige Säule von Asche und Rauch stieg periodisch, unter rasch auf einander folgenden Erschütterungen, viele hundert Fuss hoch aus dem Meere auf, und breitete sich dann in dicken Wolken aus, denen zahlreiche Blitze entfuhren. Nach der Beendigung dieses Ausbruchs sah man eine etwa 300 F. hohe, am einen Ende kegelförmig zugespitzte, am andern Ende mit einem tiefen Krater versehene Insel, aus deren Krater Feuer aufstieg, obwohl sein tiefster Rand zur Fluthzeit unter Wasser stand. Als Capitän Tillard die Insel besuchte, war ihre aus Asche und Schlacken bestehende Masse noch zu heiss, als dass man sie hätte erklimmen können; die See strömte bei der Fluth mit Heftigkeit in den Krater ein, wo das Wasser unaufhörlich kochte; durch die fortgesetzten Auswürfe von glühenden Steinen, Sand und Asche wuchs der conische Berg auf der einen Seite des Kraters endlich zu 600 F. Höhe an. Desungeachtet aber war die Insel in den letzten Tagen des Februar 1812 wiederum völlig verschwunden *).

Noch genauer sind die Berichte über die im Jahre 1831 im Mittelländischen Meere zwischen Sicilien und Pantellaria entstandene Insel Ferdinandea, Julia, oder Graham **). Die Stelle des Meeresgrundes, an welcher sie sich bildete, liegt beinahe mitten zwischen der genannten vulcanischen Insel und der Stadt Sciacca, 6 Meilen südwestlich von der letztern, und hatte nach den früheren Sondirungen von Smyth über 600 Fuss Tiefe. Schon am 28. Juni empfand Pulteney Malcolm, als er mit seinem Schiffe über diese Stelle wegsegelte, die Stösse eines Erdbebens, welche auch von demselben Tage an bis zum 2. Juli in Sciacca sehr stark empfunden wurden. Am 8. Juli beobachtete Trefiletti, der Führer einer Sicilianischen Brigantine, dass an derselben Stelle unter donnerähnlichem Getöse ein Wasserberg von der Breite eines Linienschiffes bis zu 80 F. Höhe aufstieg, etwa 10 Minuten lang in dieser Höhe erhalten wurde, darauf zurücksank und dicken Rauchwolken Platz machte, welche aus dem Meere hervorbrachen und etwa nach Verlauf einer Viertelstunde von der wiederaufsteigenden Wassermasse verdrängt wurden. Dasselbe sah am 10. Juli der Schiffscapitain Corrao, welcher die Höhe der Rauchsäule zu 1800 F. veranschlagte. Am 18. Juli aber entdeckte Corrao, bei seiner Rückreise von Girgenti, an der Ausbruchsstelle eine kleine,

*) *Description of the island of St. Michael, by John Webster, Boston* 1821, *p.* 139 ff. Gilberts Annalen der Physik, 1812, S. 405 ff. und Leonhards Taschenbuch der Mineralogie, X, 1816, S. 502 ff.

**) Die Insel erhielt während der kurzen Zeit ihres Daseins nicht weniger als sieben verschiedene Namen.

nur 12 Fuss über das Meer aufragende Insel mit einem Krater, aus welchem eine ungeheure Dampfsäule aufstieg und zahlreiche Auswürflinge geschleudert wurden; das Meer war ringsum mit schwimmenden Schlacken und todten Fischen bedeckt, welche bereits am 12. Juli in grosser Menge an der Küste Siciliens bei Sciacca angeschwemmt worden waren. Die Eruptionen dauerten fort bis zu Ende des Monat Juli, und die Insel nahm dadurch allmälig an Umfang und Höhe zu*). Am 23. Juli besuchten sie Hoffmann und Escher; sie fanden den äussern Durchmesser der, aus losen Schlacken und Lapilli in der Gestalt eines ringförmigen Walles aufgeschütteten Insel 800 Fuss, und den östlichen Theil derselben, wohin der Wind die Auswürflinge trieb, etwa 60 Fuss hoch. Aus dem Krater stiegen unaufhörlich Dämpfe, in grosse kugelförmige Wolken geballt, die sich im Aufsteigen zu einer 2000 F. hohen, glänzend weissen Rauchsäule ausdehnten; alle 2 bis 3 Minuten erfolgte ein Schlackenauswurf, in grösseren Zwischenzeiten aber trat ein heftiger und anhaltender Ausbruch ein, bei welchem sich eine 600 F. hohe Säule von Auswürflingen gegen 8 Minuten lang erhielt, oben nach allen Richtungen garbenförmig ausbreitete und einen prasselnden Schlackenregen verursachte. Gemmellaro beobachtete später, dass der Kraterwall an einer Stelle offen sei, und dass vor jedem grösseren Ausbruche das Wasser in bergehoch aufgethürmten Wellen aus dem Krater herausstürzte. Am 29. September fanden Prevost und Arago den Umfang der Insel 700 Meter, und die grösste Höhe derselben 70 Meter, oder 215 Par. Fuss; sie bestätigten, dass sie nur ein Haufwerk von losen Auswürflingen sei, und sahen noch überall aus dem orangegelben Wasser im Innern des Kraters weisse Dämpfe aufsteigen; dasselbe fand auch am Abhange des Kraterwalls an zahllosen Stellen Statt, wobei die hervorbrechenden Dampfstrahlen den Sand zu kleinen Erhöhungen wie Maulwurfshaufen anhäuften, und aus dem Gipfel derselben ein paar Fuss hoch in die Luft schleuderten. Am 28. December war die Insel wiederum verschwunden, und nur eine Wassersäule stieg wie ein Geysir noch eine Zeit lang an ihrer Stelle auf. Bedenkt man, dass sie sich auf einer 600 F. tiefen Stelle des Meeresgrundes gebildet hatte, so ist also damals durch diesen submarinen Ausbruch ein Berg von mehr als 800 F. Höhe aufgeschüttet worden.

Auch im Atlantischen Meere, ½ Grad südlich vom Aequator, in der Verlängerung einer von St. Helena nach Ascension gezogenen Linie, hat die Natur seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts wiederholte Versuche zur Bildung einer vulcanischen Insel oder eines vulcanischen Archipelagus gemacht, welche jedoch bei der Tiefe des dortigen Meeres noch nicht zu Tage ausgetreten sind. Aber Wasserbeben, Rauchsäulen und schwimmende Schlacken sind in dieser Gegend des Meeres mehrfach bemerkt worden**).

Eine der neuesten Erscheinungen dieser Art ereignete sich im Februar

*) Lyell *Principles*, 7. ed., p. 414 ff. Ausführliche Berichte über die Bildung dieser Insel gaben auch Hoffmann in Poggend. Ann., Bd. 24, 1824, S. 71 ff., Prevost in den *Mém. de la soc. géol. de France*, t. II, 1835, p. 91 ff. und Gemmellaro in *Relazione dei fenomeni del nuovo vulcano sorto dal mare fra la costa di Sicilia*; *Catania*, 1831.

**) Darwin, *Geol. obs. on the volcanic islands*, p. 92, Anmerkung.

1839, etwa 5° westlich von Valparaiso, unweit der Insel Juan-Fernandez, wo unter Feuer- und Rauch-Ausbrüchen drei Inseln aus dem Meere emporstiegen, die in einer Linie von Norden nach Süden hinter einander lagen, aber, mit Ausnahme der nördlichsten, bald wieder verschwanden *).

Das grossartigste Beispiel einer solchen Inselbildung dürfte jedoch im Meere von Kamtschatka in der Kette der Aleuten vorgekommen sein. Dort sah man im Jahre 1796, etwa 45 Werst westlich von der Nordspitze der Insel Unalaschka, nördlich von der Insel Umnack, in der Nähe eines isolirten Felsens gewaltige Dampfmassen aufsteigen, welche diesen Felsen auf längere Zeit verhüllten und unzugänglich machten, während welcher Unalaschka von fast unaufhörlichen Erdstössen erschüttert wurde. Als man sich später in seine Nähe wagte, fand man eine kegelförmige Insel, aus deren Gipfel Dämpfe ausgestossen und Schlacken ausgeworfen wurden; diese Ausbrüche dauerten fort bis zum Jahre 1823, worauf der Vulcan nur noch dampfte. Im Jahre 1819 hatte die Insel, welche den Namen Joanna Bogosslowa erhielt, fast 4 geogr. Meilen Umfang und, nach Wassiljeffs Messung, eine Höhe von 2100 Fuss; als sie aber im Jahre 1832 von Tebenkoff untersucht wurde, hatte sich ihr Umfang auf 2 Meilen, und ihre Höhe auf 1400 F. vermindert. Der ganze Meeresgrund zwischen dieser neuen Insel und Umnack ist erhöht worden, und während Cook im Jahre 1778, und Saruitscheff im Jahre 1790 mit vollen Segeln darüber hinfahren konnten, so sperren jetzt zahllose Riffe und Klippen die Schifffahrt. Nach den Berichten von Baranoff scheint die Insel in der Hauptsache nur aus losen Auswürflingen zu bestehen. Ihre bedeutende Grösse und längere Dauer lassen jedoch vermuthen, dass wohl auch Erhebungen des festen Meeresgrundes Statt gefunden haben mögen **).

§. 53. *Lava-Eruptionen; Gipfel- und Seiten-Ausflüsse.*

Es wurde schon oben (§. 47) gelegentlich bemerkt, dass die Lava, dieses feurigflüssige Material des Erdinnern, gewissermaassen die L a s t, und die Dämpfe die K r a f t darstellen, welche bei dem abyssodynamischen Processe der vulcanischen Eruptionen in Wirksamkeit sind. Die Lava ist die eigentliche *causa materialis* der Eruptionen, gleichsam die *materia peccans*, welche auf die eine oder die andere Weise ausgestossen werden muss, bevor an eine Wiederkehr der Ruhe zu denken ist. Sie wird durch unbekannte Ursachen (vielleicht durch die säculare Contraction und durch den Druck der äussern Erdkruste) aus ihrer unterirdischen Heimath heraufgepresst, gelangt in den oberen Regionen des Eruptionscanals mit Wasser in Conflict, welches sich sofort in Dämpfe

*) *A r c h i a c*, *Histoire des progrès de la Géologie, I, p.* 564.

**) H o f f, Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche, II, S. 413, Leop. v. B u c h, Canar. Inseln, S. 387, und B e r g h a u s, Allg. Länder- u. Völkerkunde, II, S. 738.

von unermesslicher Spannung verwandelt, wodurch ihr höheres Aufsteigen und Aufkochen im Kraterschachte und alle die bisher betrachteten Eruptions-Phänomene bedingt werden. Obgleich nun aber ungeheure Quantitäten derselben in der Form von festen Auswürflingen zu Tage gefördert werden, so pflegt doch bei den meisten Eruptionen auch noch eine wirkliche Ergiessung der flüssigen Lava Statt zu finden. Auch versteht man gewöhnlich unter Lava im engeren Sinne des Wortes Alles, was im Zustande feuriger Flüssigkeit aus einem vulcanischen Berge ausfliesst oder einstmals ausgeflossen ist, obgleich in der weiteren Bedeutung des Wortes auch die Auswürflinge zu ihr gerechnet werden müssen*).

Die Lava-Ausflüsse erfolgen theils aus dem Krater, theils aus Seitenspalten des Berges; sie sind also entweder Gipfel-Ausflüsse oder Seiten-Ausflüsse. Die ersteren kommen gewöhnlich bei kleineren Vulcanen, die letzteren bei grösseren Vulcanen vor; obgleich in dieser Hinsicht keine ganz allgemein giltige Regel aufgestellt werden kann, da auch kleinere Vulcane gar nicht selten seitliche Ausbrüche gezeigt haben, und umgekehrt manche Beispiele von Gipfel-Eruptionen bei grösseren Vulcanen bekannt sind. Uebrigens können bei den letzteren die aus dem sogenannten Aschenkegel erfolgten Lava-Ergiessungen, auch wenn sie aus dem Abhange desselben Statt fanden, füglich mit zu den Gipfel-Eruptionen gerechnet werden, weil solche den eigentlichen Krater-Ausbrüchen immer noch weit näher verwandt sind, als die auf dem Abhange des Erhebungskegels erfolgten Ausbrüche.

In dieser etwas weiteren Bedeutung sind die Gipfel-Ausflüsse von Lava auch bei sehr hohen Vulcanen keine ganz ausserordentliche Seltenheit. So stieg nach Gemmellaro im Aetna bei der Eruption von 1811 die Lava bis nahe zu dem Kraterrande hinauf, worauf unter einer heftigen Erchütterung der Aschenkegel barst und unterhalb seines Gipfels die Lava hervorbrach. Im Jahre 1833 floss die Lava durch eine Lücke des Kraterrandes aus, welche wahrscheinlich erst durch ihren Druck entstanden war, und am 2. Aug. 1838 fand gleichfalls auf der südwestlichen Seite des Kraters ein Lavaerguss Statt, durch welchen ein 300 F. tiefer Ausschnitt im Kraterwall gebildet wurde. Auch am Pic von Teneriffa sind ehemals Ströme von Obsidianlava nicht tief

*) Alles ist Lava, sagt Leopold v. Buch, was im Vulcan fliesst, und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten einnimmt. Das Unterscheidende der Lava liegt also durchaus nicht in der Substanz. Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 173 u. 174. Eben so spricht sich Beudant aus: *le mot lave est une expression tout à fait géologique, qui se rapporte entièrement à la disposition de diverses sortes de roches à la surface de la terre, et qui entraine constamment l'idée de courans sur les pentes des montagnes ou dans le fond des vallées. Voyage min. et géol. en Hongrie, vol. III, p.* 389.

unter dem Gipfel hervorgebrochen; am Antuco in Chile haben sich Lava-Eruptionen nur 800 F. unter dem Gipfel ereignet, und am Klutschewsker Vulcan in Kamtschatka sah Erman 700 F. unter dem Gipfel einen hellleuchtenden Lavastrom hervorbrechen.

Dagegen haben die in den Andes, auf den hohen Plateaus von Popayan, los Pastos und Quito aufragenden Vulcane mit wenig Ausnahme fast gar keine Lavaströme geliefert, obwohl bei ihnen furchtbare Ausbrüche von losen Auswürflingen vorgekommen sind. Dasselbe gilt von den meisten Vulcanen der Insel Java, welche doch nicht zu den höchsten Vulcanen der Erde gehören. Daher mögen wohl ausser der Höhe auch noch andere Ursachen den Ausfluss der Lava einestheils befördern und anderntheils verhindern.

Es dürften besonders zwei Ursachen anzunehmen sein, weshalb die höheren Vulcane nur selten Gipfelausflüsse der Lava zeigen; die eine derselben ist wohl wesentlich hydrostatischer Natur. Als eine glühende Flüssigkeit steigt nämlich die Lava aus den Tiefen der Erde im Eruptionscanale herauf. So lange nun ihr Aufsteigen noch in demjenigen Theile des Canals Statt findet, welcher innerhalb der tieferen Erdkruste enthalten ist, so lange sind die Seitenwände des Canals noch unnachgiebig, und leisten einen fast unendlichen Widerstand. Ganz anders verhält sich diess in dem höheren Theile des Eruptionscanals, welcher innerhalb des frei aufragenden kegelförmigen Berges enthalten ist. Die Wände desselben sollen auch dort dem hydrostatischen Drucke der Lava Widerstand leisten, welcher auf jeden Quadratfuss Oberfläche dem Gewichte von so vielen Cubikfuss Lava gleichkommt, als die Fusszahl der Tiefe beträgt, in welcher der betreffende Punct unter dem Niveau der Lavasäule gelegen ist.

Ein Berg wie der Vesuv, von 3700 F. Höhe, wird also während eines Kraterausbruches eine flüssige Lavasäule von beinahe gleicher Höhe enthalten, und jeder Punct des Eruptionscanals wird einen Druck erleiden, welcher seiner Tiefe unter dem Kraterrande angemessen ist. Und setzen wir statt des Vesuvs den Pic von Teneriffa, welcher mehr als drei Mal so hoch ist, oder den Cotopaxi, diesen fast fünf Mal höheren vulcanischen Gipfel der Anden, so können wir leicht berechnen, welchen ungeheuren Seitendruck die tieferen Theile des Eruptionscanals aushalten müssten, wenn die Lava den Rand des Kraters wirklich erreichen sollte. Dazu kommt es aber bei so colossalen Bergen fast niemals, oder doch nur sehr selten. Denn denken wir uns irgendwo im Eruptionscanale eine Stelle, wo das Gestein weniger fest, wo es von Klüften durchsetzt, oder von Höhlen durchzogen, oder auch durch wiederholte Erschütterungen in seinem Zusammenhange geschwächt ist, so wird vielleicht eine nur 1000 F. höhere Emportreibung der Lava hinreichen, um an dieser Stelle eine seitliche Durchbohrung des Berges, einen Durchbruch und Ausfluss der Lava zu verursachen*). Und wie häufig mögen nicht solche schwächere

*) Diese Erklärung der seltneren Gipfelausbrüche am Aetna gab schon Spallanzani in seinem Werke: Reise in beiden Sicilien, I, S. 253.

Stellen in den Flanken eines Vulcanes vorhanden sein? oder, wenn sie es nicht wären, wie leicht können sie nicht während jeder Eruption durch die fortwährenden Erschütterungen entstehen? zumal wenn man berücksichtigt, dass die Gluth der vielleicht Monate lang im Berge auf und nieder kochenden Lava die Wände des Eruptionscanals zum Schmelzen bringen und bedeutend schwächen wird.

Sobald also an irgend einer Stelle der Widerstand, den die Bergflanke zu leisten vermag, von dem Drucke der Lava überwunden wird, so strömt sie aus, wie eine Flüssigkeit aus einem gesprengten Gefässe. Allein zu dieser hydrostatischen gesellt sich noch eine weit mächtigere aërodynamische Ursache, welche nicht nur auf eine Zerreissung, sondern auch auf eine förmliche Intumescenz und Erhebung des ganzen Vulcans hinarbeitet. In den Tiefen des Eruptionscanals ereignen sich nämlich während jeder Eruption fast ununterbrochen die heftigsten Dampf-Explosionen; Explosionen, welche höchst wahrscheinlich durch den Zutritt von Wasser bedingt werden, dessen Vorhandensein durch die Wasserdämpfe hinreichend erwiesen ist, welche in so ungeheurer Menge aus dem Krater aufsteigen, und sogar noch aus den Lavaströmen entbunden werden. Mit welcher unermesslichen Kraft aber diese unterirdischen Explosionen erfolgen, diess bezeugen die Erdbeben, welche den Berg und seine ganze Umgegend erschüttern, diess bezeugen die Detonationen, welche bisweilen auf Hunderte von Meilen weit gehört worden sind.

Wenn nun auch diese Dampf-Explosionen nach oben einen Ausgang finden, und daher die über ihnen lastende Lavasäule aufwärts schnellen, die obersten Schichten derselben zerstieben und in der Form von Auswürflingen hoch in die Luft schleudern, so wirken sie doch mit derselben Kraft nach allen Seiten hin, so werfen sie sich doch mit derselben Wuth auch gegen die Seitenwände des Eruptionscanals, welcher in der That mit einem Geschütze verglichen werden kann, dessen Pfropf die obere Lavasäule bildet. Je höher daher die Lavasäule gestiegen ist, desto stärker ist das Geschütz geladen, desto höher steigert sich die Spannung der explodirenden Dampfmassen, und desto gewaltiger wird die von ihnen geübte Kraftäusserung.

Dass aber dergleichen, wochen- und monatelang wiederholte Explosionen, welche ringsum nach allen Seiten hin die furchtbarsten Stösse und Erschütterungen gegen die Wände des Eruptionscanals ausüben, welche ihn im eigentlichsten Sinne des Wortes zu zersprengen suchen; dass solche Explosionen in dem oberen Theile des Canals auf eine förmliche Auseinandertreibung des Berges selbst hinarbeiten müssen, diess ist einleuchtend. Denn der Vulcan verhält sich wirklich wie ein Berg, in dessen Innerem ununterbrochen grosse Pulvermagazine entzündet werden. Daher wird denn auch der, aus über einanderliegenden Schichten von Lava, Schlacken und Lapilli bestehende Erhebungskegel bei den heftigsten

Explosionen etwas nachgeben, er wird sich da und dort, längs einer Schichtungsfuge, von seinen unteren Schichten abheben, dabei zugleich eine allseitige horizontale Ausdehnung erleiden, welche nothwendig eine Ruptur zur Folge hat. So wird er denn von Spalten durchrissen, welche theils den Schichtungsfugen folgen, theils von seiner Axe aus in mehr oder weniger verticaler Richtung hinausfahren*), je nachdem sie durch die Auflüftung, oder durch die Ausdehnung seiner Massen entstanden sind.

Allein die Lava verhält sich dabei nicht unthätig; ihr hydrostatischer Druck unterstützt nicht nur vorbereitend die Wirkungen der Explosionen, sondern er presst sie auch unmittelbar nachher in jede so gebildete Spalte mit grosser Gewalt hinein, und injicirt dieselbe förmlich mit einer allmälig erstarrenden Ausfüllungsmasse, welche das völlige Zurücksinken des Berges unmöglich macht. Indem nun auf diese Weise eine jede, vom Eruptionscanale aus aufgeklaffte Schichtungsfuge oder gerissene Spalte mit Lava injicirt wird, so erleidet der Berg selbst nothwendig eine Intumescenz, eine geringe Ausdehnung und Erhebung, ein förmliches Wachsthum durch solche eigenthümliche Art von Intussusception. Dieser Mechanismus ist es auch, durch welchen die ursprüngliche Ausbildung der vulcanischen Erhebungskegel zu erklären sein dürfte.

Ist erst der Zusammenhang des Berges durch eine so gebildete Spalte nur an einer Stelle aufgehoben worden, so wirken die nächsten Erschütterungen bald dahin, die begonnene Spalte weiter zu reissen, zu erweitern und zu verlängern; und so entstehen grössere Spalten, welche den ganzen Abhang des Berges durchsetzen, und an ihren weiter geöffneten Stellen zur Bildung von seitlichen Schlacken-Eruptionen und seitlichen Lava-Ausflüssen Veranlassung geben. Der Berg zerreisst im eigentlichen Sinne des Wortes, indem sich tiefe, und oft viele tausend Fuss lange Spalten meist in der Richtung der Falllinie seines Abhanges öffnen, welche mit dem Eruptionscanale in Verbindung stehen, und daher sofort nach ihrer Bildung von der Lava und den Dämpfen erfüllt werden, die nun von ihnen aus dasselbe Spiel wiederholen, welches früher im Kraterschachte Statt fand.

Diese Spaltenbildung ist auch gar nicht selten wirklich beobachtet worden. So entstand am Aetna, während der grossen Eruption im Jahre 1669, eine Spalte, welche sich von Nord nach Süd am Abhange hinab fast 3 geographische Meilen weit erstreckte; bei 6 Fuss Weite hatte sie eine unbekannte Tiefe, aus welcher ein blendender Feuerschein heraufleuchtete. Später bil-

*) Leopold v. Buch, Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 137.

deten sich in ihrer Nähe noch mehre parallele Spalten von bedeutender Länge, eine nach der anderen. Auch bei der Eruption von 1832 sind am Aetna mehre Spalten gebildet worden, deren eine vom Kraterwall aus über die Casa Inglese bis jenseits des sog. Philosophenthurms verfolgt werden kann, und sich besonders dadurch auszeichnet, dass auf ihrer Ostseite die Oberfläche des Berges 3 Fuss tiefer liegt, als auf ihrer Westseite. Bei der Eruption des Vesuv im Jahre 1794 entstand eben so eine gegen Torre del Greco herablaufende Spalte von 3000 F. Länge.

Da nun bei sehr hohen Vulcanen sowohl der hydrostatische Druck der Lavasäule, als auch die Gewalt der Explosionen sehr gross werden muss, lange bevor die Lava die Höhe des Kraterrandes erreicht hat, so ist es einigermaassen erklärlich, weshalb bei den höheren Vulcanen nur selten Kraterausbrüche, sondern gewöhnlich nur Seitenausbrüche vorkommen, während die Vulcane von mittler Höhe bald die eine bald die andere Art von Ausbrüchen zeigen, die noch kleineren Vulcane aber sehr gewöhnlich wahre Kraterausbrüche liefern.

§. 54. *Ausfluss der Lava und Bewegung der Lavaströme.*

Wenn die Lava über den Kraterrand des Eruptionskegels zum Ausfliessen gelangt, so muss sie natürlich vorher den ganzen Krater bis zu dem tiefsten Puncte seines Randes erfüllen; sie bildet also im Kraterbassin einen Lavasee, der sich mit einer Erstarrungskruste bedeckt, unter welcher sie an der tiefsten Stelle des Randes hervorgepresst wird, weil immer neue Massen aus dem Kraterschachte nachdringen. Auf dieser Kruste, welche bisweilen in der Mitte etwas aufwärts gewölbt erscheint, bildet sich gewöhnlich ein kleiner Eruptionskegel, der in fortwährender Thätigkeit ist; auch öffnen sich wohl bald hier bald dort Spalten und Schlünde, aus denen etwas Lava hervorquillt. Von ihrem eigentlichen Ausflusspuncte wälzt sich die Lava wie ein Strom abwärts, der bei Nacht wie ein Feuerstrom, bei Tage bisweilen wie ein zäher honigähnlicher Brei erscheint, und durch seine Reibung die Wände des Ausflusscanals entweder glatt ausarbeitet, oder auch durch seinen Druck eine tiefe und breite Scharte in den Kraterwall einreisst, dessen lockeres Material oft nur wenig Widerstand zu leisten vermag.

Ganz anders gestaltet sich der Ausfluss der Lava, wenn sie aus einer plötzlich gebildeten Seitenspalte des Berges hervorquillt, und ihr Ausbruchspunct tief unter der Oberfläche der im Eruptionscanale oder im Krater aufgestauten Lavasäule liegt. Dann wird sie, vermöge des hydrostatischen Druckes, so lange wie ein Springbrunnen in mehr oder weniger

hohen Strahlen aufwärts spritzen, bis ihre Oberfläche im Kraterschachte in das Niveau der Ausbruchsöffnung herabgesunken ist.

So sah man am Vesuv im Jahre 1794, als der Berg geborsten war, die Lava aus mehren Oeffnungen längs der entstandenen Spalte in parabolischen Bogen hoch hervorspringen, während man fortdauernd einen dumpfen aber heftigen Lärm vernahm, wie den Katarakt eines Flusses in eine tiefe Höhle hinab*). Bei der Eruption des Aetna im Jahre 1832 wurde gleichfalls die aus einer Spalte dringende Lava in einem Bogen aufwärts geschleudert, und ähnliche Erscheinungen werden von anderen Eruptionen berichtet. Wird die Spalte allmälig weiter am Berge hinab aufgerissen, dann entstehen auch weiter abwärts neue Ausbruchspuncte, und so öffnet sich nicht selten eine ganze Reihe von Eruptionsschlünden, die in einer und derselben geraden Linie am Abhange des Berges hinter einander liegen.

Weiterhin bewegt sich die Lava nach ähnlichen Gesetzen, wie ein Schlammstrom, auf dem Bergabhange abwärts, in dem die Modalität ihrer Bewegung besonders von dem Grade ihrer Flüssigkeit und von der Neigung des Abhangs bestimmt wird. Daher fliesst der Strom schneller auf steilen, langsamer auf sanften Abhängen; in engen Schluchten staut er sich auf, in flachem Terrain breitet er sich aus; über Felsenabstürze wirft er sich in förmlichen Feuerkaskaden hinab; entgegenstehende Hindernisse übersteigt oder umgeht er, wobei er sich nicht selten in zwei Arme theilt, welche sich weiter unterhalb wiederum vereinigen; auch zerschlägt er sich zuweilen in mehre Ströme, deren jeder seinen besonderen Weg fortsetzt. Im Allgemeinen folgt er den Vertiefungen des Terrains, also dem Laufe der Tellen, Schluchten und Thäler, und wo er in ein Thal stürzt, da wendet er sich in der Regel sofort thalabwärts; doch ist es auch in solchen Fällen bisweilen vorgekommen, dass sehr bedeutende Massen thalaufwärts zurückgestaut worden sind.

Diess geschah z. B. auf der Insel Island, bei der fürchterlichen Lava-Eruption des Skaptar-Jökul im Jahre 1783, wo die in das Thal des Skaptaa einstürzende Lava durch die gewaltig nachdringenden Massen genöthigt wurde, zum Theil thalaufwärts zu fliessen. Auch der vorgeschichtliche Lavastrom, welcher im Vivarais dem Vulcan von Thueyts entströmte, hat sich bei seinem Eintritt in das Thal der Ardèche in zwei Arme getheilt, von denen der grössere thalaufwärts geflossen ist. Der Lavastrom des Aetna vom Jahre 1669 erreichte die Ringmauer von Catania, staute sich an ihr 60 Fuss hoch auf, und stürzte einen Theil seiner Masse wie einen Wasserfall auf der Innenseite der Mauer herab, während der Haupttheil die Stadt umging und bis an das Meer gelangte. — Die aus dem Schlackenkegel nach der Seite des Val de Bove zu ausbrechenden Lavaströme des Aetna stürzen oft als Feuerkaskaden über die steilen Abhänge in das Thal hinab. Schouw sah am Aetna eine solche Kaskade

*) Leop. v. Buch, Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 105.

von mehren 100 F. Höhe. Nach Gimbernat bildete einer der Vesuvischen Lavaströme von 1818 in seinem Laufe an drei Stellen Kaskaden, von denen die oberste 25 F. und die unterste 60 F. Höhe hatte. Eben so stürzte sich im Januar 1820 ein Lavastrom als hohe und breite Feuerkaskade über eine steile Wand hinab. Auf der Insel Lanzarote aber hat sich ein aus dem Vulcane Corona ausgeflossener Lavastrom bei Rio 900 Fuss hoch bis zum Meeresufer wie ein Wasserfall hinuntergestürzt, was noch jetzt einen merkwürdigen und höchst auffallenden Anblick gewährt. (Leop. v. Buch, Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 316.)

Während die Lava unmittelbar an der Ausbruchsöffnung so flüssig wie geschmolzenes Metall ist, so nimmt ihre Flüssigkeit weiterhin sehr schnell ab, indem sie sich an der Oberfläche mit Schlacken bedeckt, zwischen welchen die flüssige Masse nur hier und da hindurchglüht. Diese Schlackenschollen werden immer häufiger und grösser, und bilden bald eine zusammenhängende Schlackenkruste, gleichsam einen biegsamen Panzer, welcher die sich vorwärts wälzende feurigflüssige Masse umschliesst. Wird die Schlackenkruste stellenweise zerrissen, so leuchtet die halbflüssige rothglühende Lava hervor; aber bald ist die Rinde wieder hergestellt, und die kaum gebildeten Spalten verschwinden, um sogleich wieder an anderen Stellen zu entstehen. Die ganze Oberfläche ist in fortwährender Bewegung; hier sieht man grosse Blasen aufschwellen, welche endlich zerplatzend ihre zerborstenen und aufgerichteten Ränder in den bizarresten Formen zurücklassen; dort sieht man Schlackenschollen in den verschiedensten Lagen vorwärts treiben, dabei Furchen hinter sich pflügen, oder halbflüssige Lava mit fortraffen und zu gewundenen tauförmigen Gestalten (der sogenannten Seil-Lava) ausziehen; an einigen Stellen faltet sich die Oberfläche in tiefe cylindrische Canäle, die in der Richtung des Stromes parallel neben einander fortlaufen; an anderen Stellen entstehen transversale Runzeln und Wülste, u. s. w. Daher erhalten denn die Lavaströme in demjenigen Theile ihres Laufes, wo dieser Kampf zwischen ihrer schon erstarrten oder halberstarrten Hülle und ihrem noch flüssigen oder halbflüssigen Inhalte am stärksten ist, ein ausserordentlich wildes und rauhes Ansehen, eine sehr unebene und zackige, zerrissene und zerborstene Oberfläche*). Auch häuft sich in

*) Diese Lava-Oberflächen von schrecklich wilder und verworrener Beschaffenheit sind es, welche in der Auvergne *cheires*, in Sicilien *sciarre* genannt werden. Sie erscheinen gewöhnlich wie die Oberfläche der beim Eisgange der Flüsse sich aufthürmenden Eisdämme, zuweilen aber auch wie ein durch Stürme aufgeregtes brandendes Meer, das plötzlich versteinert worden ist. Auf der Oberfläche der Aetnaströme von 1669, 1787 und 1819 sieht man nach Hoffmann Hügel von 30 bis 40 F. Höhe, die aus wild durch einander geschobenen Lavaschollen bestehen.

der Regel zu beiden Seiten der Lavaströme eine grosse Menge von Schlacken auf, so dass sie von zwei, neben ihnen fortlaufenden Schlackendämmen, wie von zwei Wällen oder Terrassmauern eingefasst sind.

Aber, nicht nur auf der Oberfläche und auf beiden Seiten, auch auf der Unterfläche der Lavaströme bildet sich sehr bald eine Schlackenkruste aus, welche gleichfalls einen mehr oder weniger fragmentaren Charakter annimmt, und ein verworrenes Gemeng von Schlackenstücken und dazwischen eingedrungener Lavamasse darstellt. Und so ist es denn in der That ein sehr treffendes Bild, wodurch uns Elie de Beaumont die Bewegung eines Lavastromes versinnlicht, wenn er sagt: die Lava bewegt sich in einem Schlacken*sacke*, welcher sich in demselben Maasse *verlängert*, wie der Strom vorwärts schreitet, und bald hier bald dort zerrissen wird*). Am unteren Ende dieses Schlackensackes, oder an der Stirn des Lavastromes, pflegt die Lava vermöge des grösseren Widerstandes, den sie am Boden erfährt, nach oben vorwärts zu drängen, bis sie endlich durch ihre Wucht niedergezogen wird; sie erhält also eine Art von wälzender Bewegung, indem sie von oben nach unten in sich selbst zurückzurollen scheint. Dabei lösen sich aber beständig Schlackenschollen von ihr ab, welche dicht vor ihr niederstürzen, daher sie sich, wie Hoffmann sagt, ihren Weg selbst pflastert.

Hoffmann giebt folgende Schilderung des Lavastromes, welcher im Februar des Jahres 1832 dem Vesuv entquoll**). Die Lava brach am 21. Februar hervor, und floss schnurgerade auf dem südlichen Abhange des Berges herab. Die ruckweise Bewegung derselben verursachte oft ein Geräusch, wie wenn Glasscherben an einander gestossen werden. Die Gluth der unter der Schlackenrinde fortfliessenden Lava schimmerte durch die Zwischenräume der Schlacken, und zuweilen traten grössere Partieen rothglühend hervor. Nahe am Kraterrande war der Strom 15 Fuss breit, und floss ruhig und gleichförmig mit ebener Oberfläche in seinem glatt geschliffenen Schlackenbette; trotz der überall sich bildenden Schlackenschollen glühte dort ihre Oberfläche wie geschmolzenes Eisen. Die Schollen schoben sich sanft mit fort, und verursachten durch ihre Reibung an den Seitenwänden des Canals ein schwach knitterndes Geräusch. Am Ausflusspuncte strömte die Lava etwa 10 F. breit unter der horizontalen Lavadecke des Kraters hervor; sie erschien dort wie ein zäher honigähnlicher Brei, in welchen man leicht einen Stock einstossen konnte. Aufgeworfene Schlackenstücke machten kaum einen Eindruck, und prallten sogar ab, sie schwammen mit fort ohne zu schmelzen. Eine Glasflasche zerfiel in Stücke, ohne jedoch zusammenzuschmelzen. Dieser Lavastrom floss bis zum 29. Februar, also 9 Tage lang, worauf er versiegte. — Am 23. März wälzten sich abermals drei prachtvolle Ströme, breit und gross, gegen Pompeji herunter,

*) *Mémoires pour servir à unê descr. géol. de la France, IV, p.* 176.

**) Geognost. Beob. auf einer Reise durch Italien und Sicilien, S. 177 ff.

und am 22. April brach ein Strom nach der Seite von Neapel aus, so auch am 5. August. Dieser letztere bestand anfänglich aus zwei Armen, jeder 20 Fuss breit, die sich weiter unten vereinigten.

Der Lavastrom des Vesuv, welcher am 22. Febr. 1822 aus dem Krater floss, stürzte über die westliche Seite des grossen Kegels, und theilte sich dann in drei Arme, welche sich weiter abwärts wiederum vereinigten. Am 24. Februar untersuchte ihn Monticelli in der Nähe der Einsiedelei; seine Oberfläche bestand aus einer Anhäufung von grossen und kleinen Schlackenschollen, welche meist 4 bis 5 Fuss gross und $^1/_2$ F. dick wie die Schollen eines Sturzackers aufgeworfen waren. Die flüssige Lava strömte unter diesen Schlackentrümmern in wälzender Bewegung langsam vorwärts, nahm einzelne Schollen in ihre Masse auf und führte sie mit fort. Sobald der flüssige Theil der Lava mit der Luft in Berührung kam, verhärtete er auf der Stelle und wurde rissig, indem er sich in Schollen und Krusten verwandelte, so dass man die glühende Flüssigkeit nur durch jene Risse zu erblicken vermochte. Der Strom hatte an dieser Stelle eine Breite von 20 Fuss bei 5 Fuss Dicke, und rückte in Zeit von 34 Minuten fast 15 Fuss vorwärts *).

Diess sind nur ein paar Beispiele von sehr kleinen Lavaströmen, welche indess im Mechanismus ihrer Bewegung wesentlich mit den grösseren Strömen übereinstimmen.

§. 55. *Geschwindigkeit der Lavaströme und Abhängigkeit ihrer Beschaffenheit von der Neigung des Terrains.*

Die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Lavaströme bewegen, stellt sich sowohl bei verschiedenen Strömen, als auch bei einem und demselben Strome in verschiedenen Theilen seines Laufes sehr verschieden heraus, da sie wesentlich von drei Bedingungen abhängig ist: 1) von dem Flüssigkeitsgrade der Lava, 2) von der Quantität der ausfliessenden und nachdrängenden Massen und 3) von der Neigung und Beschaffenheit des Terrains.

Unmittelbar bei dem Ausflusspuncte ist die Lava bisweilen so flüssig wie Wasser; aber weiterhin vermindert sich ihre Flüssigkeit sehr schnell, und bald erlangt die Masse eine bedeutende Zähigkeit, bis solche endlich in den Zustand der Starrheit übergeht. Natürlich trifft diese Veränderung des Aggregatzustandes zuerst die Oberfläche der Ströme, welche man daher oft ohne Gefahr überschreiten kann, während das Innere derselben noch im Zustande des Fortfliessens begriffen ist. Denn die Schlackenkruste gewährt bei ihrer Festigkeit nicht nur einen hinreichenden Halt, sondern sie sichert auch, wegen ihrer sehr geringen Wärmeleitung und Ausstrahlung, vor der Gluth der innern feurigflüssigen Lava. Ihrer

*) Der Vesuv, von Monticelli und Covelli, S. 21 f.

Flüssigkeit nach wird also die Lava zunächst bei der Eruptionsstelle der grössten Geschwindigkeit fähig sein.

Aber auch weiter abwärts wird sie noch eine bedeutende Geschwindigkeit haben können, sobald sie sehr reichlich ausströmt und durch einen anhaltenden und starken Zufluss zu einem mächtigen Strome anwächst; gerade so wie ein und derselbe Wasserstrom bei hohem Wasserstande mit einer weit grösseren Geschwindigkeit fliesst, als bei niedrigem Wasserstande.

Endlich übt die Neigung des Terrains oder das Gefälle des Lavastroms einen sehr grossen Einfluss auf die Geschwindigkeit seiner Bewegung aus. Da nun die vulcanischen Berge in der Nähe ihres Gipfels einen weit steileren Abhang haben, als weiter hinab, und an ihrem Fusse nicht selten in ein ganz sanft geneigtes Terrain übergehen, so werden sich die Lavaströme, eben so wie die meisten Flüsse, in ihrem Oberlaufe am schnellsten, weniger schnell in ihrem Mittellaufe, und in ihrem Unterlaufe am langsamsten bewegen.

Weil nämlich die Ausbrüche der Lava gewöhnlich in der oberen, steileren Region des Berges erfolgen, und die Lava sogleich nach ihrem Ausbruche die grösste Flüssigkeit hat, auch dort der Druck der nachdrängenden Massen noch am wenigsten geschwächt ist, so vereinigen sich alle Umstände, um ihr daselbst das Maximum der Geschwindigkeit zu verleihen. Im Allgemeinen aber bewegt sie sich mit einer beständig verzögerten Geschwindigkeit vorwärts, wenn nicht etwa stellenweise durch eine stärkere Neigung des Terrains eine locale Beschleunigung ihres Laufes herbeigeführt wird. Ja, im unteren Theile ihres Laufes kann die Geschwindigkeit so äusserst gering werden, dass man sich, ungefähr so wie bei den Gletschern, nur durch von Zeit zu Zeit wiederholte Beobachtungen von ihrem noch wirklichen Fortschreiten überzeugen kann.

Die Lava, welche am 12. August 1805 dem Vesuv entströmte, schoss nach Leopold v. Buch mit Windesschnelle über den Kegel bis in die Weinberge hinab, verbreitete sich auch weiterhin mit einer ganz ausserordentlichen Schnelligkeit und erreichte in 3 Stunden die Strasse von Torre del Greco*); Melograni sagt, dass sie in den ersten 4 Minuten einen Raum von 3 Ital. Meilen zurückgelegt habe. Nie sah man am Vesuv eine schnellere, aber auch nie eine dünnflüssigere Lava. Der Vesuvische Strom von 1776 durchlief in 14 Minuten eine Strecke von mehr als 2000 Meter, hatte also eine mittlere Geschwindigkeit von wenigstens 7 Fuss in der Secunde; und Hamilton beobachtete einen andern Strom, welcher in einer Stunde 1800 Meter zurücklegte. Die Lavaströme vom 22. October 1822 gelangten nach Monticelli

*) Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 218 ff.

in Zeit von 15 Minuten vom Rande des Kraters über den Abhang des Kegels auf die Ebene der Pedamentina. Die Lava, welche im Jahre 1843 vom Aetna gegen Bronte hinabfloss, hatte nach Giuseppe Gemmellaro auf einer unter 25° geneigten Fläche eine Geschwindigkeit von 3 Fuss in der Secunde. — Während uns diese Beispiele mit sehr grossen Geschwindigkeiten bekannt machen, welche einige Lavaströme gezeigt haben, so giebt es dagegen eben so auffallende Beispiele von äusserst langsamer Fortbewegung; ja, die grosse Langsamkeit ihres Laufes am unteren Ende desselben ist eine noch weit merkwürdigere Erscheinung, als die Schnelligkeit an der Ausbruchsöffnung. So rückte nach Monticelli im October 1822 ein Lavastrom des Vesuv in der Nähe von Resina nur 5 bis 6 F. weit in der Stunde vorwärts; Scrope sah einen Lavastrom des Aetna im Jahre 1819 noch 9 Monate nach seinem Ausbruche in fortschreitender Bewegung, allein in jeder Stunde kam er nur 3 Fuss weit; und Dolomieu erwähnt einen Strom, der volle 2 Jahre brauchte, um einen Weg von 3800 Meter zurückzulegen.

Elie de Beaumont lenkte zuerst die Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand, welcher für die Theorie der vulcanischen Berge eine sehr grosse Wichtigkeit erlangt hat. Es ist diess die verschiedene Beschaffenheit, welche ein und derselbe Lavastrom in Bezug auf seinen Zusammenhang, seine Mächtigkeit und Oberflächengestalt zeigt, je nachdem er sich auf einem mehr oder weniger steilen Abhange herabbewegt hatte*).

Alle grössere Lavaströme haben in der Regel vor ihrer gänzlichen Erstarrung die tieferen und flacheren Gegenden am Fusse des Vulcans erreicht, und allemal dort den bedeutendsten Theil ihrer Masse abgelagert. Wenn nun ihr Ausbruchspunct hoch oben am Berge liegt, wo die Neigung des Abhangs sehr gross ist, und 18 bis 30° und darüber zu betragen pflegt, so lassen sie in ihrer Gesammt-Ausdehnung dreierlei verschiedene Ausbildungsformen erkennen. Im Oberlaufe ist die Lava wie ein Bergstrom sehr rasch abwärts geflossen, und hat nur unregelmässige lang gezogene Schlackenschollen hinterlassen, welche eine fast unzusammenhängende und wenig mächtige Ablagerung bilden. Weiter abwärts traten mit der verminderten Neigung des Terrains die Verhältnisse des Mittellaufes ein; die Lava strömte langsamer und bedeckte sich mit einer zusammenhängenden Schlackenkruste, innerhalb welcher sie sich wie in einem Schlauche vorwärts bewegte; es entstand hier ein Kampf zwischen der flüssigen, nach allen Seiten auswärts drängenden Masse und ihrer halberstarrten Umhüllung, daher die Lavaströme besonders in dieser Region jene furchtbar rauhe, undulirte und zerborstene Oberfläche

*) *Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France*, *t. IV*, *p.* 175 ff., auch *t. III*, *p.* 193 ff. und *Bulletin de la soc. géol.*, *t. IV*, *p.* 225.

zeigen, welche in der Auvergne mit dem Worte *cheire* bezeichnet wird. Diese Ausbildungsform ist vorzüglich dort zu finden, wo die Neigung des Terrains zwischen 2 und 5° beträgt. Endlich in den tieferen Regionen, wo die Neigung des Terrains weit unter 2° herabgesunken ist, da hat sich die Lava oft in grosser Mächtigkeit und Breite abgelagert; da ist sie ruhig zu einem compacten Gesteine erstarrt, ohne jenen heftigen Conflict mit ihrer Erstarrungskruste bestehen zu müssen; da zeigt sie also eine, wenn auch schlackige, so doch mehr oder weniger ebene Oberfläche; gerade so, wie diess bei derjenigen Lava der Fall ist, welche im Krater selbst, wie in einem Bassin, zur Erstarrung gelangte.

Ein vom Gipfel des Berges bis an seinen Fuss herabgelaufener Lavastrom verhält sich also gewissermaassen auf ähnliche Weise, wie sich eine Wasserfluth verhalten würde, welche bei sehr strenger Kälte von einem Gebirge herabstürzt, dessen Abfall allmälig immer flächer wird, und endlich in eine horizontale Ebene verläuft. Im obern Theile ihres Laufes würde sie nur einzelne Eisschollen führen und zurücklassen, weiter abwärts eine, aus zerbrochenen und wild über einander gestürzten Schollen bestehende Eiskruste bilden, und am Fusse des Gebirges sich zu einem See ausbreiten, welchen eine regelmässige und ebene Eisdecke überzieht.

Wenn demnach die Form, Structur und Oberflächenbeschaffenheit eines Lavastromes gleichsam eine Function der Neigung des Terrains ist, über welches er sich fortbewegt hat, so können wir auch rückwärts aus der Form und Structur einer Lava-Ablagerung auf die Neigung schliessen, unter welcher sie ursprünglich in den Zustand der Erstarrung übergegangen ist. Und diese Folgerung gewinnt eine grosse Bedeutung für die Theorie der vulcanischen Erhebungskegel.

§. 56. *Grosse Hitze und langsame Erkaltung der Lavaströme.*

Die verhältnissmässig geringe Hitze, welche die Lavaströme ausstrahlen, sobald sie sich einmal mit einer Erstarrungskruste bedeckt haben, und die Thatsache, dass man in ihnen bisweilen solche Körper ziemlich unversehrt eingeschlossen findet, welche im offenen Feuer zerstört werden, haben einige Geologen, wie z. B. Menard de la Groye und Dolomieu zu der Ansicht veranlasst, dass die Lava überhaupt nur einen geringen Grad von Hitze besitze, und dass ihre Flüssigkeit durch die Annahme von Flussmitteln zu erklären sei, welche sich in der Tiefe der Erde mit ihrer Masse vereinigen, an der Oberfläche aber wiederum ausscheiden. Dolomieu vermuthete, dass wohl der Schwefel ein solches

Flussmittel bilden könne, während Menard vorzüglich dem Wasser dieselbe Wirkung zuschrieb*).

Die Meinung von Dolomieu ist schon durch Spallanzani und Breislak widerlegt worden, indem der Erstere durch directe Versuche bewies, dass die Schmelzung steiniger Substanzen durch Schwefel keineswegs befördert werde, der Andere aber die Thatsache des so seltenen und geringen Schwefelgehaltes der Laven und zugleich die Schwierigkeit der Voraussetzung hervorhob, dass die Lavaströme ihren Schwefel so gänzlich verloren haben sollten. Die Ansicht aber, dass in dem feurigflüssigen Materiale des Erdinnern das Wasser ein wesentliches und zwar ein die Flüssigkeit beförderndes Ingrediens sei, ist neuerdings von Theodor Scheerer aufgestellt worden, obgleich er einen eigentlich feurig flüssigen Zustand des Erdinnern gänzlich zu läugnen, und nur einen heiss flüssigen Zustand zuzugestehen scheint. *(Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. IV*, *p.* 475 ff.) Dagegen hat Angelot schon im Jahre 1842 zu zeigen gesucht, dass eine ursprüngliche Auflösung von Wasser in der feurigflüssigen Masse des Erdinnern nicht nur wahrscheinlich, sondern sogar nothwendig sei. *(Ibidem*, 1. *série*, *t. XIII*, *p.* 183.) Delanoue ist dieser Ansicht beigetreten, und Virlet d'Aoust nimmt gleichfalls eine *fusion ignée aqueuse* an. Wenn man der von Angelot an die Spitze gestellten Behauptung beipflichten will, dass der feurigflüssige Planet, etwa so wie Wasser und geschmolzenes Metall, Gase und Dämpfe in grosser Menge zu absorbiren und zu binden vermochte, und dass daraus die Gas-Exhalationen des Erdinnern zu erklären sind, so wird man allerdings die weiteren Folgerungen zugestehen können, welche namentlich auch durch den Wassergehalt so vieler plutonischen Gesteine unterstützt werden.

Wenn es aber auch eine ganz unzweifelhafte Thatsache ist, dass die feurigflüssige Lava, wie solche aus den Vulcanen hervorquillt, in der Regel wirklich Wasser enthält, so folgt daraus noch keineswegs, dass sie mit einer viel geringeren Hitze begabt sei, als zu ihrer Schmelzung im völlig wasserfreien Zustande erforderlich sein würde.

Die geringe Hitze der bereits mit Schlacke incrustirten Lavaströme erklärt sich übrigens ganz einfach daraus, dass die erstarrte Lava ein sehr geringes Leitungs- und Ausstrahlungs-Vermögen für die Wärme hat**). Der fast unversehrte Zustand mancher von der Lava eingeschlos-

*) Ueber die Art der Mitwirkung des Wassers sprach sich Menard nicht ganz klar aus; er nahm nicht sowohl an, dass die Lava schon ursprünglich in den grössten Tiefen der Erde Wasser enthalte, sondern dass sie sich weiter oben damit verbinde, und etwa auf ähnliche Weise zu ihm verhalte, wie gebrannter Kalk.

**) Daher bleibt zuweilen auf kleinen Räumen, welche von einem Lavastrome umflossen werden, die Vegetation ganz unversehrt. So berichtet z. B. Dufrénoy: *il existe sur les flancs du Vésuve, et à une assez grande distance dans l'intérieur des courants de lave, des vides de* 15 *à* 20 *metres de largeur seulement, dans lesquels les vignes et les arbres ont continué à croître, bien qu'ils aient été environnés par la matière en fusion. Mém. de la soc. géol.*, 2. *série*, *I*, *p.* 153.

senen Körper aber findet theils in derselben Ursache, theils darin seine Erklärung, dass sich diese Körper vermöge ihrer Einschliessung, in einem abgesperrten Raume und unter einem bedeutenden Drucke befanden, wodurch sie vor manchen Wirkungen der Hitze, wie solche bei offenem Feuer eintreten, geschützt bleiben mussten.

Viel wahrscheinlicher ist jedenfalls die Annahme, dass die Lava im Innern der Erde einen sehr hohen Grad von Hitze habe, welcher wohl hinreichend sein dürfte, um die meisten uns bekannten Körper zu schmelzen, und im geschmolzenen Zustande zu erhalten. Schon die ausgezeichnete Flüssigkeit, welche der Lava unmittelbar an ihrem Ausbruchspuncte zukommt*), und für eine vollkommene Schmelzung aller ihrer Bestandtheile zeugt, kann als ein Beweis ihrer sehr hohen Temperatur betrachtet werden, weil nicht alle Bestandtheile der Laven zu den leicht schmelzbaren Körpern gehören, und manche Laven, wie z. B. die Leucitlaven, vorwaltend aus einem sehr strengflüssigen Minerale bestehen. Es giebt aber auch genug directe Beweise für die äusserst hohe Temperatur der Lava, welche alle um so überzeugender sind, weil sie sich auf Thatsachen beziehen, welche weit von der Ausbruchsöffnung, und folglich an solchen Puncten der Lavaströme beobachtet wurden, wo ihre Temperatur schon tief unter ihre ursprüngliche Hitze herabgesunken sein musste.

Wenn die Lava eine Wiese, ein Feld oder einen Weingarten bedeckt, so werden das Gras, das Getraide und die Weinstöcke verbrannt und verkohlt; trifft sie in ihrem Wege auf Baumpflanzungen oder Wald, so umhüllt sie die Bäume, und der in der Lava eingeschlossene Theil der Stämme wird entweder durchaus oder bis auf eine gewisse Tiefe verkohlt, während der frei hervorragende Theil sehr rasch und mit heller Flamme verbrennt**). Als die Lava von 1737 in das Karmeliterkloster bei Torre del Greco unweit Neapel eindrang, da schmolzen die gläsernen Trinkgeschirre, ohne dass sie mit der Lava in unmittelbare Berührung kamen. Bottis warf, 43 Tage nach dem Ausbruche des

*) Wo sie zuweilen weissglühend und durchscheinend wie Honig beobachtet worden ist, und nicht selten in hohen Strahlen wie Wasser herausspritzt.

**) Es mag hier nur ein Beispiel erwähnt werden, welches zugleich beweist, wie dünnflüssig die Lava auch noch im unteren Theile der Ströme sein kann. Ein Lavastrom der Insel Bourbon erreichte eine Pflanzung von Palmbäumen, welche augenblicklich aufloderten; als sie jedoch von der Lava gänzlich bedeckt worden waren, hörte die Verbrennung auf, und die Stämme wurden nur verkohlt, dabei von vielen Rissen durchzogen, in welche die Lava eindrang und sich nach ihnen abformte. *Faujas, Essai de géologie, II,* 419 und Breislak, Lehrbuch der Geologie, III, 215.

Vesuvischen Lavastroms von 1779, Schlackenstücke in einen trichterförmigen Strudel desselben, welche sogleich durchglüht und geschmolzen wurden. Recupero sah im Jahre 1766 am Aetna einen 50 Fuss hohen Schlackenhügel, welcher von zwei, aus dem grossen Lavastrome plötzlich hervorbrechenden glühenden Lavabächen umgeben und in der Zeit einer Viertelstunde gänzlich zusammengeschmolzen wurde.

Besonders interessant sind auch diejenigen Beobachtungen, welche man anzustellen Gelegenheit hatte, als man die Gebäude der im Jahre 1794 unter einem Lavastrome begrabenen Stadt Torre del Greco untersuchte. Das Glas der Fensterscheiben war zum Theil in eine weisse, durchscheinende steinähnliche Masse umgewandelt. Kalksteinfragmente, welche von der Lava eingewickelt waren, zeigten eine lockere, sandig-körnige Textur, ohne jedoch einen Verlust an Kohlensäure erlitten zu haben. Feuersteine sollen an ihren schärfsten Kanten deutlich angeschmolzen worden sein. Geschmiedetes Eisen hatte sich auf sein dreifaches Volumen ausgedehnt, seine Dehnbarkeit eingebüsst und im Innern eine völlig krystallinische Textur erhalten, während es an seiner Oberfläche stellenweise in Oxyd oder Oxydoxydul umgewandelt war. Kupfermünzen hatten sich mit Kupferoxydul belegt, und Blei erschien theils in Bleiglätte, theils in Schwefelblei verwandelt. Messing war nicht nur geschmolzen, sondern auch in seine beiden Bestandtheile, Zink und Kupfer, zerlegt worden, welches letztere zum Theil schöne Krystallgruppen bildete. Silber zeigte sich gleichfalls theils geschmolzen, theils sogar in kleinen oktaëdrischen Krystallen sublimirt. Alle diese Erscheinungen beweisen, dass die Lava, welche Torre del Greco bedeckte, eine Temperatur gehabt haben müsse, wie sie in unseren Schmelzöfen hervorgebracht wird. Und doch befand sie sich hier schon vier Ital. Meilen von ihrem Ausbruchspuncte, doch war sie bereits 6 Stunden geflossen, ehe sie die Stadt erreicht hatte.

Das sehr geringe Wärmeleitungs-Vermögen der Schlackenkruste ist auch die Ursache der merkwürdigen Erscheinung, dass das Innere der Lavaströme einer äusserst langsam fortschreitenden Erkaltung und Erstarrung unterworfen ist. Die äussere Kruste bildet, wie Brydone sagte, gewissermaassen ein Gefäss, in welchem das flüssige Feuer lange Zeiten hindurch zusammengehalten und verwahrt werden kann. Daher sind die Lavaströme oft viele Jahre lang nach ihrem Ausbruche im Innern noch vollkommen glühend, während die Oberfläche schon längst die Temperatur der Atmosphäre angenommen hat, und daher ist es auch zu erklären, dass ihr unterer Theil viele Monate lang eine langsame Bewegung beibehalten kann*).

Für die geringe Wärmeleitungsfähigkeit der Lava nur ein paar Bei-

*) Nach einer von Dolomieu in Erinnerung gebrachten Angabe Borelli's war ein Aetnastrom vom Jahre 1614 nicht weniger als 10 Jahre lang in Bewegung, legte aber in dieser Zeit überhaupt nur ½ Meile zurück.

spiele. Die Lava des Vesuv, welche 1821 dem Coutrel'schen Kegel entströmte, floss in einem aus Schlacken gebildeten Canale, wie ein geschmolzenes Metall in einer Form; desungeachtet konnte man den Rand dieses Canals von aussen ohne Gefahr mit der Hand berühren, und selbst die innere Seite des Randes hatte eine verhältnissmässig niedrige Temperatur*). Der Lavastrom des Aetna vom Jahre 1787 strömte über eine mächtige Schneeablagerung, welche aber dadurch keinesweges völlig geschmolzen wurde, sondern grösstentheils erhalten blieb, und sich allmälig in eine körnige, feste Eismasse verwandelt hat, deren wirkliche Bedeckung durch die Lava von Gemmellaro im Jahre 1828 auf viele 100 Fuss weit dargethan worden ist. Wahrscheinlich war das Schneelager erst durch einen Schauer von Schlacken und vulcanischem Sande bedeckt worden, ehe sich die Lava darüber hinwälzte**).

Für die ausserordentlich langsame Erkaltung der Lavaströme giebt es aber viele und z. Th. höchst auffallende Beispiele. Der kleine nur 7 bis 12 F. hohe Lavastrom des Vesuv v. 26. Febr. 1822 zeigte nach Monticelli, 73 Tage nach seinem Stillstande, in der Mündung einer Spalte eine Temperatur von 135° C., weiter hinein aber eine weit stärkere Hitze. Spallanzani fand am Aetna eine Lava 11 Monate nach ihrem Ausbruche noch so heiss in ihrem Innern, dass ihre Spalten rothglühend erschienen, und ein hineingehaltener Stock augenblicklich in Brand gerieth. Als Elie de Beaumont den Lavastrom des Aetna vom November 1832, fast zwei Jahre nach seinem Ausbruche besuchte, war das Innere desselben noch so warm, dass eine heisse Luft herauswehte, und aus den Spalten Wasserdämpfe von solcher Hitze hervorbrachen, dass man den Finger nicht hineinhalten konnte. Hamilton warf in die Spalte eines Vesuvischen Lavastroms, 3½ Jahre nach seiner Eruption, einige Stücke Holz, welche sich sogleich entflammten. Breislak fand die Lava des Vesuv vom Jahre 1785 noch 7 Jahre nach ihrem Ausbruche im Innern ganz heiss und dampfend, während doch schon Flechten auf ihrer Oberfläche wuchsen. Eben so ist es durch glaubwürdige Zeugnisse erwiesen, dass manche Lavaströme des Aetna noch nach 25 und 30 Jahren Hitze und Dampf aushauchten. Hoffmann beobachtete, dass der vorerwähnte auf Eis gelagerte Lavastrom des Aetna vom Jahre 1787, noch im Jahre 1830, also 43 Jahre nach seinem Ausbruche, an mehren Stellen heisse Dämpfe ausströmte. Die im Jahre 1759 hervorgebrochene Lava des Jorullo in Mexico zeigte nach Ablauf eines halben Jahrhunderts noch eine sehr bedeutende Wärme;

*) Der Vesuv, von Monticelli und Covelli, S. 39.

**) *Lyell, Principles*, 7. *ed.*, *p.* 395, und Hoffmann, Geogn. Beob., S. 687.

21 Jahre nach ihrem Ausbruche konnte man in den Spalten derselben noch eine Cigarre anzünden; 44 Jahre später fand sie Bullock noch sichtbar dampfend; und im Jahre 1846, also 87 Jahre nach ihrem Ausbruche, sah Emil Schleiden noch zwei Fumarolen aus ihr aufsteigen*). Ja, Dolomieu versichert in seinem Werke über die Ponza-Inseln, den Lavastrom des Epomeo auf Ischia, welcher im Jahre 1302 ausbrach, noch im Jahre 1781, also 480 Jahre später, an einigen Stellen dampfend gefunden zu haben. Indess glaubt Bischof, dass diese Beobachtung auf einer Täuschung beruhen möge, da Breislak 10 Jahre später nichts der Art zu entdecken vermochte**).

Obgleich Dolomieu's Beobachtung in Zweifel gestellt werden kann, so gewähren doch schon die übrigen ganz unzweifelhaften Beobachtungen ein bedeutendes Interesse, nicht nur an und für sich, sondern auch wegen der Folgerungen, welche sich aus ihnen auf die Verhältnisse des ganzen Erdballs ergeben. Denn wenn verhältnissmässig so kleine Massen, wie es die Lavaströme sind, viele Jahre und Jahrzehnde hindurch im Innern ihre Glühhitze erhalten können, während ihre Oberfläche schon gänzlich die Temperatur der Atmosphäre angenommen hat, warum soll da nicht bei unserem Planeten etwas Aehnliches Statt finden können? Die Analogie drängt sich ganz unwillkürlich auf, und die Folgerung kann wahrlich nicht absurd erscheinen, dass unser Erdkörper im Innern noch glühend flüssig sei, obgleich seine Oberfläche schon eine sehr niedrige Temperatur besitzt. Wenn aber nach Tobias Mayer die Zeiten, in denen zwei gleichwarme Kugeln von einerlei Materie dieselbe Temperatur-Verminderung erleiden, ihren Durchmessern proportional sind, so werden wir freilich viele Millionen von Jahren für die Zeit erhalten, seit welcher die Erstarrung der Erdkruste ihren ersten Anfang genommen hat.

§. 57. *Exhalationen der Lavaströme.*

Die meisten Lavaströme entwickeln aus allen ihren Spalten und Rissen eine Menge von Dämpfen, daher sie mit unzähligen Fumarolen besetzt sind, und während ihres Fliessens bei Tage eine dampfende, wie bei Nacht eine leuchtende Oberfläche zeigen. Diese Exhalationen scheinen so lange fortzudauern, bis die Lava durchaus erstarrt ist; sie können sich daher Jahrelang fortsetzen, wobei jedoch die Anzahl und Stärke der Fumarolen allmälich immer mehr abnimmt. Daher sind denn auch manche Lavaströme noch sehr lange nach ihrem Ausbruche an einzelnen Stellen dampfend gesehen worden. Anfangs können sich diese Fumaro-

*) Fortschritte der Geographie und Naturgeschichte, Bd. II, 1847, S. 19.

**) Bischof, die Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, S. 499, wo auch S. 493 ff. Berechnungen über die Abkühlungszeit der Lavaströme mitgetheilt werden.

len in solcher Heftigkeit entwickeln, dass sie die zunächst um ihren Austrittspunct liegenden Theile der Lavakruste aufblähen und zu kleinen Hügeln aufwerfen, die aus regellos über einander gestürzten Schlackenblöcken bestehen, und aus deren Gipfel die fernere Dampfentwickelung Statt findet. So sind z. B. die sogenannten Hornitos entstanden, welche Humboldt auf dem Malpais, dem grossen Lavastrome des Jorullo von 1759, noch im Jahre 1803 zu vielen Tausenden in voller Thätigkeit fand, indem aus jedem dieser, 6 bis 10 Fuss hohen Kegel eine 20 bis 30 Fuss hohe Fumarole aufstieg. Die ähnlichen Kegel, welche auf manchen anderen Lavaströmen beobachtet worden sind, dürften auf eine ganz ähnliche Weise zu erklären sein.

Die Fumarolen der Lavaströme bestehen wesentlich aus denselben Dämpfen und Gasen, welche dem Vulcane selbst entsteigen; es ist also wiederum hauptsächlich der Wasserdampf, welcher auch hier eine Rolle spielt, und es verdient gewiss als eine sehr beachtenswerthe Erscheinung hervorgehoben zu werden, dass glühendflüssige Gesteinsmassen so reichlich mit Wasserdämpfen geschwängert sein und selbige so lange in sich zurückhalten können. Nächst dem Wasserdampfe ist besonders Chlorwasserstoff ein häufiges Exhalat der Lavaströme, und daher erklärt sich auch das gar nicht seltene Vorkommen verschiedener anderer Chlorverbindungen, welche in den Spalten und auf der Oberfläche der Ströme abgesetzt werden; dahin gehören vorzüglich Kochsalz, Salmiak, Chloreisen und Chlorkupfer. Auch schwefelige Säure wird zuweilen von den Lavaströmen ausgehaucht, ist jedoch, nach den Beobachtungen von Monticelli und Covelli, nicht als solche in der Lava enthalten, sondern wird erst durch Verbrennung von Schwefel gebildet, welcher nach Bischof wahrscheinlich sls ein Bestandtheil von Schwefelmetallen vorhanden war*). Indem die schwefelige Säure zum Theil in Schwefelsäure verwandelt wird, giebt sie die Veranlassung zur Bildung verschiedener schwefelsaurer Salze. Der Eisenglanz aber, welcher nicht selten in den Spalten der Lavaströme getroffen wird, dürfte jedenfalls durch eine Zersetzung von Chloreisen gebildet worden sein.

Kochsalz ist gar keine seltene Erscheinung in den Spalten der Lavaströme. Die Vesuvische Lava von 1794 bedeckte sich wenige Tage nach ihrem Ausbruche mit schönen Krystallen von Kochsalz. Die Oberfläche, besonders aber die Spalten der Lava von 1791 auf der Insel Bourbon waren mit krystallisirtem Kochsalze überzogen. Nach einigen Ausbrüchen des Hekla

*) Der Vesuv, von Monticelli, S. 36, 58 u. 169; Bischof, Lehrbuch der Geologie, I, S. 583 u. 647.

fand man an demselben eine so bedeutende Menge von Salz, dass viele Pferde damit beladen werden konnten. Ja, im Jahre 1822 schleuderte der Vesuv Schlacken-Conglomerate aus, deren einzelne Schlackenstücke durch Kochsalz verkittet waren; manche dieser Conglomeratmassen sollen 24 Fuss im Durchmesser gehabt haben. Zu den merkwürdigsten Sublimationsproducten der Lavaströme gehört unstreitig das Salmiak, weil die dabei nothwendig Statt gefundene Bildung des Ammoniaks als ein noch nicht völlig gelöstes Räthsel zu betrachten ist. Am Aetna ist das Salmiak sehr oft und reichlich vorgekommen; so z. B. auf den Laven von 1635 und 1669 in solcher Menge, dass es eingesammelt und nach Catania, Messina und anderen Städten zum Verkauf gebracht werden konnte; Ferrara sah gegen 1000 Pfund, welche man von der Lava des Jahres 1780 gewonnen hatte, und der Strom von 1832 setzte so viel Salmiak ab, dass der Führer Elie de Beaumont's durch das Einsammeln und den Verkauf desselben seinen Lebensunterhalt fand. Weniger häufig ist die Bildung dieses Salzes an den Vesuvischen Lavaströmen beobachtet worden; doch berichtet Leopold v. Buch, dass sich der Strom von 1805 in wenig Stunden mit einer dicken weissen Salmiakrinde bedeckte*); auch hat nach Monticelli der Strom von 1822, und nach Abich der Strom von 1834 einzelne Incrustationen von Salmiak gezeigt. Ein Lavastrom des Hekla von 1845 war in den Spalten seiner Fumarolen theils mit Krystallen, theils mit fasrigen Massen von Salmiak erfüllt. Da dieser letztere Lavastrom in einer schauerlichen Wüste hingeflossen ist, wo kein Grashalm und überhaupt keine Pflanze wuchs, so ist der Ursprung des Ammoniaks, wie Sartorius v. Waltershausen bemerkt, unmöglich aus verbrannten Pflanzen zu erklären; dasselbe giebt auch Abich für das Salmiakvorkommen am Aetnastrom von 1832 zu**). Es ist zu bedauern, dass man keine Kenntniss von dem eigentlichen Vorkommen der ungeheuren Salmiakmassen hat, welche die muthmaasslichen Vulcane Central-Asias liefern (§. 35), da solches vielleicht einen Aufschluss darüber liefern würde, ob wirklich organische Körper in allen Fällen als unerlässliche Bedingung für die Erzeugung des Ammoniaks vorauszusetzen sind, oder nicht.

Die von der Lava gebundenen Dämpfe und Gase bilden bei ihrer Entwicklung Blasenräume und bedingen so die schwammige und blasige, die porose und cavernose Structur, welche die Lavaströme an ihrer Oberfläche zu zeigen pflegen. Bisweilen geschieht es, dass sich im Innern eines Stromes grössere Dampf- und Gasmassen anhäufen, wodurch grosse, nach der Richtung des Stromes langgestreckte Höhlenräume entstehen. Aehnliche Höhlen können aber auch dadurch zur Ausbildung kommen, dass die flüssige Lava unter der bereits erstarrten Kruste des Stromes vorwärts dringt, ohne durch einen gleich starken Zufluss ersetzt zu werden, wodurch ein leerer Raum entsteht, welcher oft gar nicht wieder ausgefüllt

*) Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 220.

**) Sartorius, Physisch-geographische Skizze von Island, S. 116; und Abich, *Bulletin de la soc. géol., t. VII, p.* 101.

wird. Die Wände solcher Lavahöhlen sind entweder glasirt und in allerlei schlackigen Formen ausgebildet, unter denen sich besonders die von der Decke herabhängenden Lavastalaktiten auszeichnen, oder sie erscheinen wie geschliffen und polirt durch die Friction der vielleicht längere Zeit an ihnen fortgeschobenen Lavamassen.

So sah Humboldt im Jahre 1803 auf dem Vesuv an Strömen frischer Lava mehre in der Richtung des Stromes ausgedehnte Höhlen von 6 bis 7 Fuss Länge und 3 Fuss Höhe. Hoffmann fand am Aetna in dem Lavastrome von 1819 eine nach aussen geöffnete Höhle von 6 bis 8 F. Höhe, 12 F. Breite und 20 F. Tiefe. Hierher gehört auch die von Spallanzani erwähnte Grotta delle Capre in der mittlern Gegend des Aetna, in welcher sonst die Reisenden zu übernachten pflegten, um zeitig den Gipfel zu erreichen. Der Vesuvische Lavastrom von 1817 hatte sich nach Necker bei seinem Austritte aus dem Kegel eine nach Osten geöffnete Höhle gebildet, welche 60 F. lang, 56 F. hoch und 16 F. breit und offenbar nur eine Aufblähung war, die sich wie ein Gewölbe über dem fliessenden Strome ausgebreitet hatte; an dem Puncte, wo sich derselbe Strom in das Atrio del Cavallo drängt, sieht man noch viele leere Räume, Grotten und langgezogene Canäle, in denen man aufrecht einhergehen kann, und die zum Theil in verschiedenen Höhen über einander liegen*). Auf Island findet sich in einem mächtigen Lavastrome des Balda-Jökul die von Krug v. Nidda und später von Eugène Robert beschriebene Höhle Surtshellir, welche an 5000 F. lang ist, viele Windungen und Verzweigungen zeigt, und dadurch entstanden ist, dass die Lava unter der Kruste fortfloss, während der Nachfluss von oben stockte. Berühmt sind auch die Lavahöhlen von Ponta-del-Gada auf der Azorischen Insel St. Miguel, welche aus mehren grossen, über einander liegenden Weitungen bestehen, die durch enge Schlünde in Verbindung gesetzt werden.

§. 58. *Grösse und Effecte der Laveströme.*

Die Dimensionen der Lavaströme sind sehr verschieden, und können auch bei einem und demselben Strome in verschiedenen Theilen seines Laufes mit sehr verschiedenen Werthen hervortreten, weil die Neigung und Reliefform des Terrains besonders auf die Höhe und Breite seiner Massen einen wesentlichen Einfluss ausübt. So erscheint in der Regel ein und derselbe Strom auf stark geneigtem Abhange schmäler und niedriger als auf wenig geneigtem Grunde, und, bei gleicher Neigung, in engen Thalschlünden höher als in breiten Thalweitungen. Alle Ströme aber besitzen eine vorherrschende, der Richtung ihres Laufes entsprechende Längen-Dimension.

*) Die Vulcane auf Java u. s. w., deutsch bearbeitet von Nöggerath und Pauls, S. 198 f.

Einige Ströme sind nach sehr kurzem Laufe ins Stocken gerathen, während andere einen Weg von vielen tausend Fuss, ja von mehren Meilen Länge zurückgelegt haben, und daher gegenwärtig eine Gesteinsmasse von derselben Ausdehnung darstellen. Die Höhe der kleineren Ströme beträgt zuweilen nur einige Fuss, und ihre Breite bleibt oft weit unter 100 F. zurück, wogegen die grösseren Ströme bis 100. F. Höhe und viele 1000 F. Breite erlangen können. Berücksichtigt man nun die Menge von Lavaströmen, welche ein und derselbe Vulcan im Laufe der Zeiten theils nach sehr verschiedenen, theils auch nach denselben Richtungen liefern konnte; berücksichtigt man die Grösse, welche einzelne dieser Ströme erlangen, und das Volumen der dadurch zu Tage geförderten Gesteinsmassen, welche bald langgestreckte Lavastreifen bald ausgebreitete Lavafelder bilden; so begreift man, welchen bedeutenden Einfluss die Lavaströme auf die Configuration des Terrains ausüben müssen, und welchen Veränderungen die Umgegend eines permanenten Vulcanes im Laufe der Jahrhunderte unterworfen sein kann.

Der Lavastrom des Vesuv, welcher im Jahre 1794 Torre-del-Greco zerstörte, ist 17500 Par. Fuss lang, und erreichte die Stadt mit einer Breite von mehr als 2000 Fuss, mit einer Höhe von 40 Fuss; sein Volumen ist auf ungefähr 457 Millionen Cubikfuss berechnet worden; gleichzeitig mit ihm wälzte sich gegen Mauro ein anderer Lavastrom hinab, dessen Volumen halb so gross veranschlagt wird. Diese einzige Eruption hat daher nur in der geflossenen Lava über 685 Millionen Cubikfuss Gesteinsmasse geliefert, was einem Würfel von 882 Fuss Höhe entspricht; rechnet man dazu die erstaunliche Menge von Schlacken, Lapilli, Sand und Asche, welche bei derselben Eruption ausgeschleudert worden sind, so erhält man erst eine Vorstellung von der Bedeutung der Massen, welche nur durch eine der grösseren Eruptionen des Vesuv aus dem Innern der Erde auf die Oberfläche derselben gelangt sind. Die Eruption von 1760 lieferte einen Lavastrom von ungefähr 300 Millionen, und die Eruption von 1779 einen Strom von 56 Millionen Cubikfuss.

Der Vesuvische Lavastrom vom Jahre 1804 hatte 18300 F. Länge, und erreichte unten am Fusse des Berges eine Breite von 1600 Fuss, bei 24 bis 30 Fuss Höhe; der Strom von 1805 hatte sogar eine Längenausdehnung von 21100 Par. Fuss.

Der Lavastrom des Aetna, welcher im Jahre 1832 gegen Bronte hinablief, war 32000 Fuss lang, in seinem oberen Theile schmal, gewann aber nach unten eine Breite bis über 3000 Fuss und eine Höhe von 30 bis 45 Fuss. Der grosse Aetnastrom von 1669 erstreckte sich von den Monti Rossi bis an das Meer bei Catania angeblich auf 15 Engl. Meilen

Länge und breitete sich in seiner mittleren Region bis auf 7 Meilen aus; welche Angaben jedoch, nach der von Elie de Beaumont mitgetheilten Charte, auf 2 geogr. Meilen Länge und ³/₄ Meilen grösste Breite zu reduciren sein dürften.

Der vorgeschichtliche Lavastrom, welcher sich in der Auvergne vom Puy-de-la-Vache über Aydat nach Talande hinabzieht, und auf welchem die Stadt St. Amand erbaut ist, hat gleichfalls beinahe eine Länge von 2 geogr. Meilen.

Das Volumen eines auf der Insel Bourbon im Jahre 1776 ausgebrochenen Lavastroms ist auf 2020, und das eines ebendaselbst im Jahre 1787 geflossenen Stromes auf 2526 Millionen Cubikfuss berechnet worden; jenes entspricht einem Würfel von 1264, dieses einem Würfel von 1362 Fuss Höhe.

Die Lavaströme, welche im Jahre 1730 auf der Canarischen Insel Lanzarote hervorbrachen, bedeckten einen Raum von mehr als 3 Quadratmeilen gleichförmig mit dem schwarzen Gesteine; kein Haus, kein Baum, kein Kraut steht auf der rauhen Fläche; so weit das Auge reicht, ist Alles todt und schreckend*).

Die grossartigsten Lavaströme hat aber wohl seit Menschengedenken der Skaptar-Jökul auf Island bei seiner Eruption im Jahre 1783 geliefert. Ein Strom ergoss sich am 11. Juni und stürzte in das Thal des Skaptaflusses, welches zum Theil als eine enge, 400 bis 600 Fuss tiefe Felsenschlucht ausgebildet ist, und sich weiterhin zu einem Bassin erweitert, in welchem ein See lag. Die Lava erfüllte nicht nur jene Schlucht bis an den Rand, sondern breitete sich auch beiderseits auf den Höhen weit aus, erfüllte das Bassin mit dem See gänzlich, und traf dann auf einen älteren Lavastrom, welchen sie theilweis zum Schmelzen brachte. Am 18. Juni ergoss sich abermals ein Lavastrom über der Oberfläche des ersteren, und stürzte als Feuer-Kaskade über die Thalstufe des Wasserfalls Stapafoss. Am 3. August gelangte ein dritter Strom zum Ausbruche, welcher durch die Massen der beiden vorherigen Ströme genöthigt wurde, eine ganz andere Richtung in das Thal des Hverfisfliot einzuschlagen. Stephensen berichtet, dass sich diese Ströme da, wo sie die Ebene erreichten, zu breiten Lavaseen von 12 bis 15 Engl. Meilen Durchmesser und 100 Fuss Tiefe ausbreiteten. Der bedeutendste von diesen Strömen hatte 50, ein anderer 40 Engl. Meilen Länge, ihre grösste Breite betrug 15 und 7 Meilen, und ihre gewöhnliche Höhe 100 Fuss.

*) Leopold v. Buch, Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 305.

Sartorius v. Waltershausen erwähnt eine ununterbrochene Lava-Ablagerung, welche auf Island vom Berge Skjaldebreid an auf beiden Seiten des Sees, von Thingvalla bis zum Cap Reykjanes, über 20 geogr. Meilen lang und zuweilen 4 bis 5 Meilen breit fortzieht; wenn auch dieses Lavafeld aus mehren Strömen besteht, so erregt dennoch die Grösse der einzelnen Ströme die Bewunderung des Geologen. Lavafelder von noch grösserem Umfange erscheinen in vielen anderen Gegenden, zumal im Innern der Insel. Im Allgemeinen, sagt er, zeigen die grossen Isländischen Lavaströme das grauenvolle Bild einer trostlosen Wüste, einer unheimlichen Wildniss; ihre schwarzen Schollen thürmen sich in phantastischen Gestalten über einander; indem sie sich gegen Felsen und den Fuss mancher Gebirge anstämmen, gleichen sie in ihren Formen dem Eisgang riesiger Ströme zur Frühlingszeit. So liegt dieses Chaos für Jahrtausende brach für alle Vegetation, und wenn dieselbe endlich wieder Fuss zu fassen beginnt, bemerkt das Auge nur Teppiche von Kryptogamen oder flach am Boden hinkriechende wollige Weiden und Birken *).

Wie gross aber auch in manchen vulcanischen Regionen der Zuwachs an Material erscheint, welchen die Erdoberfläche auf Kosten des Erdinnern erhalten hat, so geringfügig ist er doch, wenn man ihn mit den Dimensionen des ganzen Erdballs vergleicht. Setzen wir mit Cordier als die erste Ursache der vulcanischen Eruptionen die mit der allmäligen Abkühlung der Erdkruste verbundene Contraction und Capacitäts-Verminderung derselben, durch welche die flüssige Masse des Erdinnern einer Pressung unterliegt, so bedarf es nur einer Contraction um 0,002 Millimeter, um das Material eines Lavastroms von mittler Grösse hervorzupressen. Gelangen also auf der ganzen Erde jährlich 5 dergleichen Lavaströme zur Eruption, so würde die dazu erforderliche Verkürzung des Erdhalbmessers in einem Jahrhundert nur 1 Millimeter, und in einem Jahrtausend nur 1 Centimeter betragen.

Wenn ein Lavastrom dem Laufe eines Thales oder einer Schlucht folgt, so bildet er natürlich eine Erhöhung der Thalsohle und übt einen verändernden Einfluss auf die Verhältnisse des Wasserlaufes aus. Dieser Einfluss giebt sich besonders dort sehr auffallend kund, wo der Lavastrom in das Thal eintritt, indem seine Massen an dieser Stelle einen förmlichen Damm für das Thalwasser bilden, welches daher zu einem See aufgestaut wird. So hat der Lavastrom von St. Amand in der Auvergne den Bach von Aydat in seinem Laufe gehemmt und zu dem schönen fischreichen See von Aydat aufgedämmt, indem er sich nach seinem Eintritte in das Thal bis hinüber an das jenseitige Gehänge drängte, ehe er im rechten Winkel umbog, um in der Richtung des Thales abwärts zu fliessen. Auf ähnliche Weise sind durch einen Lavastrom des Puy-de-Côme unweit Pont-Gibaud die Wasser der Sioule zu einem See aufgestaut worden, welcher zwar später grösstentheils einen Abzug fand, aber doch noch lange in dem *étang de Fung* zu erkennen war. Eben so

*) Physisch-geographische Skizze von Island, S. 114.

ist der Simeto in Sicilien durch den Lavastrom von 1603, welcher das Thal fast 40 Fuss hoch erfüllte, in seinem Laufe gehemmt und genöthigt worden, sich in der Lava einen tiefen Felsencanal auszuwühlen, durch welchen er gegenwärtig, stellenweise in kleinen Wasserfällen herabstürzend, seinen Abzug nimmt.

Das Zusammentreffen eines Lavastromes mit einem Bache, einem Teiche oder einer sonstigen Wasseransammlung kann bisweilen sehr heftige Explosionen zur Folge haben, indem das unter dem Strome abgesperrte Wasser plötzlich in Dampf verwandelt wird, dessen Expansivkraft die darüber liegenden Lavamassen mit grosser Gewalt auseinandersprengt. Dadurch bilden sich bisweilen trichterförmige Schlünde aus, dergleichen auf manchen Lavaströmen beobachtet worden sind, und die ihrer Entstehungsweise nach mit den später zu erwähnenden Explosionskrateren verwandt sind.

Auf diese Weise ist wohl auch die Explosion zu erklären, welche sich am 25. November 1843, an dem untern Ende des gegen Bronte in das Thal des Simeto dringenden Lavastromes ereignete. Viele Bewohner von Bronte waren eben damit beschäftigt, ihre Grundstücke so weit als möglich zu sichern, als plötzlich am Ende des Stromes unter furchtbarem Getöse eine Explosion Statt fand, durch welche die Schlackenkruste sammt ihrem feurigflüssigen Inhalte zertrümmert und zerstiebt, und mit unbeschreiblicher Gewalt nach allen Seiten fortgeschleudert wurde, so dass dreissig Menschen auf der Stelle todt blieben. Ein paar glaubwürdige Augenzeugen versicherten, dass die Lavamasse vor der Explosion in Form einer grossen Halbkugel aufgeschwollen, und ein Anderer sagte aus, dass er selbst während der Explosion wie von heissem Wasser durchtränkt worden sei.

Zu den interessanten Erscheinungen gehören auch die Einbrüche der Lavaströme in das Meer, welche bei denen auf Inseln und nahe an der Meeresküste gelegenen Vulcanen nicht selten vorgekommen sind. Indessen sind diese Kämpfe zwischen dem plutonischen und neptunischen Elemente keinesweges so gewaltsam und schauerlich, wie sie von älteren Beobachtern geschildert werden. Denn, sobald die Lava in das Meer eintritt, wird durch die rasche Verdampfung des unmittelbar mit ihr in Berührung kommenden Wassers die Erkaltung ihrer Oberfläche beschleunigt und die Schlackenkruste dermaassen verstärkt, dass bald jede Verbindung zwischen dem Wasser und der feurigflüssigen Masse aufgehoben ist. Indem die Lava vom Lande her nachdrängt, verlängert sich die Schlackenhülle in gleichem Maasse, und wenn solche auch da und dort zerrissen wird, so entwickeln sich die Wasserdämpfe mit so grosser Heftigkeit, dass sie dem Wasser den ferneren Eintritt in das Innere der Spalten verwehren.

So berichtet Breislak, dass im Jahre 1794 bei Torre del Greco der Einbruch des Lavastromes in den Meerbusen von Neapel mit grosser Ruhe von Statten ging; er konnte das Vorrücken der Lava im Meere auf einer Barke ganz in der Nähe beobachten, ohne durch Explosionen oder sonstige gewaltsame Ereignisse gestört zu werden; sie drängte das Meer um 360 Fuss weit zurück und bildete ein 15 Fuss hohes und 1100 Fuss breites Vorgebirge. Der Vesuvische Lavastrom vom Jahre 1805 gelangte ebenfalls in das Meer, drang aber nur 50 Fuss weit vor, und steht 5 bis 6 Fuss über den Wasserspiegel heraus. Uebrigens ist dieselbe Erscheinung in früheren Zeiten häufig vorgekommen, wie die vielen kleinen Lava-Vorgebirge zwischen Portici und Torre dell' Annunziata beweisen. Auch die Lavaströme des Aetna sind oft bis in das Meer geflossen, daher an der Küste zwischen Taormina und Catania viele steile Vorgebirge von Lava angetroffen werden, von denen eines bei Aci aus mehren über einander liegenden Strömen besteht und bis gegen 400 Fuss hoch aufragt. Das letzte Ereigniss der Art auf Sicilien fand im Jahre 1669 Statt, wo der grosse Lavastrom auf der Südseite der Stadt Catania ziemlich weit in das Meer hinausströmte. Auch auf Island, auf Lanzarote und anderen Inseln sind diese Einbrüche von Lavaströmen in das Meer mehrfach vorgekommen.

§. 59. *Bildung permanenter Vulcane durch Erhebung.*

Dass die grösseren Vulcane nicht blosse Kegel von Schlacken und Lapilli sind, ist bereits mehrfach erwähnt worden; vielmehr bildet bei ihnen der Aschenkegel eine von dem eigentlichen Hauptberge ganz abgesonderte Erscheinung, und der letztere unterscheidet sich von dem ersteren gar wesentlich durch seine weit grösseren Dimensionen wie durch seine ganz abweichende Structur. So verhält es sich am Vesuv, am Aetna und an den meisten grösseren Vulcanen, welche daher als zusammengesetzte oder vollständig entwickelte Vulcane zu betrachten sind.

Um nun aber die Ausbildung dieser grösseren Vulcane und namentlich ihres Hauptkörpers begreifen zu können, dazu ist es nöthig, einen Blick auf die Architektur derselben zu werfen. Der Hauptberg des Vesuv ragt in dem Monte Somma auf, dessen halbkreisförmig verlaufender Gipfel den Aschenkegel auf der nördlichen und östlichen Seite umgiebt, so dass zwischen beiden ein hufeisenförmiges Thal, das Atrio del Cavallo, hin-

läuft*). Dieser Monte Somma stellt aber nur den Ueberrest eines ehemals vollkommen geschlossenen Kraterwalls dar, dessen südlicher und westlicher Theil bei der Eruption vom Jahre 79 gänzlich zerstört worden ist. Denn dass in der That vor dieser Eruption der Vesuv eine ganz andere Gestalt hatte, als gegenwärtig, dafür spricht, dass keiner der früheren Schriftsteller eine Absonderung desselben in zwei verschiedene Berge erwähnt, und dass Strabo ihm einen fast ebenen Gipfel zuschreibt, wogegen Dio Cassius mehrer Gipfel und der amphitheatralischen Form des Somma gedenkt. Der jetzige Gipfelkegel des Vesuv ist also eine neuere Bildung, wogegen vor dem Jahre 79 der Hauptberg in einem grossen flachen Krater endigte, von dessen Walle gegenwärtig nur noch die nordöstliche Hälfte existirt**).

Der Monte Somma und der eigentliche Vesuv weichen nun aber in ihrer Architektur sehr auffallend von einander ab. Während der letztere vorzüglich aus Schichten von Schlacken und Lapilli mit nur wenigen und schmalen dazwischen eingeschalteten Lavaströmen besteht, so zeigt der Somma zahlreiche, breite und mächtige Bänke von Leucitlava, welche, durch Schlackenschichten getrennt, regelmässig über einander liegen, und durchgängig unter 24 bis 26° nach aussen geneigt sind***). Diese Lavabänke haben zwar eine etwas schlackige Oberfläche, sind aber so stetig ausgedehnt, und haben im Innern eine so compacte steinartige Beschaffenheit, dass sie unmöglich in der steilen Lage geflossen und erstarrt sein können, in welcher sie sich gegenwärtig befinden (vergl. §. 55). Vielmehr müssen sie ursprünglich in einer sehr wenig geneigten Lage zur Erstarrung gelangt sein; und wir sind also zu der Annahme genöthigt, dass sie ihre jetzige Lage einer Aufrichtung verdanken, welche sie vielleicht lange nach ihrer Bildung erfahren haben.

Dieses ganze, an den innern Wänden des Somma gegen 1300 Fuss hoch entblöste System von Lavabänken und Schlackenschichten wird nun aber nach allen Richtungen von zahlreichen, fast senkrechten Lavagängen, d. h. von solchen Lavamassen durchzogen, welche nichts Anderes, als Ausfüllungsmassen eben so vieler Spalten sind, die das

*) Nach Visconti's Messungen bildet der Somma von der Eremitage San Salvatore bis an das über Mauro vorragende Ende einen vollkommenen Halbkreis, dessen Mittelpunct in den gegenwärtigen Krater fällt. Monticelli, der Vesuv, S. 126.

**) Montlosier sagte daher im *Bull. de la soc. géol., t. II, p. 397: ce qu'on appelle aujourdhui mont Vésuve, est un miserable usurpateur, ce qu'on appelle mont Somma, est le reste legitime du véritable ancien mont Vésuve.*

***) So beobachtete es Dufrénoy; Necker und Andere geben bis 30° Neigung an.

ganze Schichtensystem durchschnitten und zerrissen haben. Diese Gänge, und folglich die ihnen entsprechenden Spalten sind von 1 bis 12 Fuss breit, und in solcher Menge vorhanden, dass das ganze Schichtensystem nothwendig sofort niedersinken müsste, wenn aus allen diesen Spalten das sie ausfüllende Gestein plötzlich entfernt werden könnte. Wir sind also auch von dieser Seite her genöthigt, eine mit der Spaltenbildung und Spaltenausfüllung verbundene Aufrichtung der Lavabänke und Schlackenschichten anzunehmen. Da sie nun aber insgesammt von der geometrischen Axe des halbkreisförmigen Somma nach aussen hin abfallen, und ein um diese Axe geordnetes kegelförmiges Schichtensystem darstellen, so müssen die sie erhebenden und aufrichtenden Kräfte von der Axe des Berges aus aufwärts und allseitig auswärts gewirkt haben. Welche andere Kräfte können diess aber wohl gewesen sein, als die jener gewaltigen unterirdischen Explosionen, welche jede Eruption begleiten?

Das System der Sommaschichten mag also in vorgeschichtlicher Zeit nur einen ganz flachen Kegel gebildet haben, welcher durch eine lange Reihe von Eruptionen entstanden war, bei denen sich breite Ströme von Leucitlava nach allen Richtungen ergossen, dazwischen Auswürfe von Schlacken und Lapilli ereigneten, so dass ein sehr flaches kegelförmiges System von abwechselnden Lavabänken und Schlackenschichten aufgebaut wurde. Im Laufe der Zeiten und bei fortwährend wiederholten Eruptionen wurde aber dieses Schichtensystem durch die unwiderstehliche Kraft der unterirdischen Explosionen ruckweise aufwärts gedrängt, dabei in seinen Schichtungsfugen gelüftet, und zugleich von radialen Spalten durchrissen (vergl. §. 53). Die den Kraterschacht erfüllende Lava drang unaufhaltsam in die so entstandenen Zwischenräume ein, injicirte sie förmlich, und bildete so die Lavagänge und manche neue Lavaschichten. Der ursprünglich ganz flache Kegelberg erlitt also eine vielfach wiederholte Auflüftung und radiale Zerreissung seiner Massen*), und, weil jede dabei gebildete Spalte ausgefüllt wurde, eine successive Vergrösserung seines Volumens, eine förmliche Intumescenz, zugleich aber auch eine allmälig immer steilere Aufrichtung seiner Lavabänke und eine angemessene Erweiterung seines Kraters. Und so geschah es denn, dass er vielleicht nach Jahrtausenden jene Form eines

*) Ein *étoilement*, wie es Elie de Beaumont sehr treffend bezeichnet, da die Spalten meist radial, wie die Strahlen eines Sternes, von der Axe des Berges auslaufen; ein Verhältniss, auf welches Leopold v. Buch zuerst aufmerksam gemacht hat. Geognost. Beob. u. s. w., II, S. 137.

am Gipfel unter 26° aufsteigenden Kegels erhielt, welche noch jetzt in der Neigung der obersten Lavabänke des Somma zu erkennen ist. Dass diese Neigung nach dem Fusse des Berges geringer werden muss, und dass die vor der Intumescenz an seinem Fusse abgesetzten Tuffschichten an dieser Aufrichtung und Erhebung Theil nehmen mussten, diess ist begreiflich.

Nachdem der alte Vesuv in dieser Form, als ein einfacher Erhebungskegel mit weitem Krater zur Ausbildung gelangt war, scheint die vulcanische Thätigkeit auf sehr lange Zeiten erloschen zu sein; daher der Kraterboden endlich eine flach eingesenkte unfruchtbare Ebene bildete, wie ihn Strabo beschreibt*). Da gelangten plötzlich im Jahre 79 die unterirdischen Kräfte mit gesteigerter Heftigkeit und lange verhaltener Wuth zum Ausbruche; der südwestliche Theil des alten Kraterrandes wurde durch die gewaltige Explosion zerstiebt, und in der Mitte des Kraters gelangte der jetzige Eruptionskegel zur Ausbildung.

Auf ähnliche Weise wie der Vesuv verhält sich der Aetna, dieser Riese unter den Europäischen Vulcanen. Auch an ihm ist der gegenwärtig thätige Aschenkegel eine von dem eigentlichen Hauptberge ganz verschiedene Erscheinung, und während der letztere einen auf weit ausgedehnter Basis sanft ansteigenden Berg von 9100 Fuss Höhe darstellt**), so erscheint der erstere nur wie ein 1100 F. hoher, aber unter 32° aufsteigender Kegel, welcher dem flachen Gipfel des Hauptberges aufgesetzt ist. Diesen verschiedenen Formen und Dimensionen entspricht aber auch eine ganz verschiedene Structur und Zusammensetzung, so dass sich in dieser Hinsicht die Verhältnisse wiederholen, welche einen so wesentlichen Unterschied zwischen dem Somma und Vesuv begründen.

Der Eruptionskegel nämlich besteht hauptsächlich aus Lagen von über einander geschütteten Schlacken und Lapilli, wogegen der Hauptberg, dessen Architektur in dem tiefen Einstürzungsthale des Val del Bove vortrefflich entblösst ist, ein gewaltiges System von festen, weit ausgedehnten Lavabänken zeigt, welche durch mächtige Tuffschichten abge-

*) Strabo sagt vom Gipfel des Vesuv: er ist zwar grossentheils eben, aber durchaus unfruchtbar, hat ein aschenähnliches Ansehen, und zeigt schwarzfarbige Gesteine mit porösen Höhlungen, als ob sie vom Feuer ausgefressen wären, so dass man vermuthen möchte, die Stelle habe ehemals gebrannt und Feuerkratere gehabt, sei aber wegen ausgehenden Brennstoffs erloschen.

**) Nach Hoffmann beträgt der Böschungswinkel am obern Abhange 7° 36′ bis 11° 18′, zum Beweise: »dass zwischen der Neigung der Abhänge der Hauptmasse des Aetna und der Neigung der Abhänge eines Ausbruchskegels ein ganz wesentlicher Unterschied besteht.« Geognost. Beob. auf einer Reise durch Italien, S. 602.

sondert werden. Diese hundertfach über einander liegenden Lavabänke besitzen aber alle eine mittlere Neigung von 27°, von der Axe des Berges nach aussen hin, in welcher steilen Lage sie sich bei ihrer steinartigen Consistenz und regelmässigen Form unmöglich gebildet haben können. Das ganze Schichtensystem wird endlich von ausserordentlich vielen Gängen, also von Spalten-Ausfüllungen derselben Lava durchschnitten, welche besonders näher gegen die Axe des Berges in solcher Anzahl auftreten, dass sie ein förmliches Netz bilden, dabei gewöhnlich 3 bis 10 Fuss breit sind, und nicht selten nach oben in einer der Lavaschichten aufhören, zum Beweise, dass sie mit ihr gleichzeitig gebildet wurden. Hier bietet sich offenbar nur dieselbe Erklärung dar, wie für die Entstehung des Monte Somma, dass nämlich der Aetna ursprünglich einen niedrigen und stumpfen Kegel bildete, aus welchem lange Zeiten hindurch nach allen Richtungen breite Lavaströme ausflossen, während Aschen- und Sand-Auswürfe das Material der Zwischenschichten lieferten, und dass, nachdem solchergestalt ein mächtiges System von Lavabänken und Tuffschichten gebildet worden, der Mechanismus der Erhebung in Wirksamkeit trat, durch dessen fortgesetzte Thätigkeit der Berg allmälig anschwellen und aufsteigen musste, ohne doch irgendwo eine wirkliche Ruptur, eine offen gebliebene Spalte erkennen zu lassen.

Nachdem der Hauptberg des Aetna auf solche Weise seine gegenwärtige Form und Höhe erlangt hat, setzt sich in der Mitte seines fast geschlossenen älteren Kraters das Spiel der vulcanischen Thätigkeit in dem jetzigen Eruptionskegel fort, und es ist gar nicht unwahrscheinlich, dass sich der Gipfel des Hauptberges, wie solcher durch das Piano del Lago bezeichnet ist, noch gegenwärtig allmälig erhebt, sowie umgekehrt der Gipfelkegel schon mehre Male (wie z. B. in den Jahren 1444 und 1702) gänzlich verschwunden und überhaupt eine nach Form und Höhe sehr wandelbare Erscheinung ist*).

*) *Ce cône terminal*, sagt Elie de Beaumont, *n'est qu'un édifice éphémère; à chaque éruption il change de forme, tantôt il s'élève, tantôt il s'en écroule de vastes lambeaux, dont la chute laisse à ce qui reste un contour ébréché.* Dagegen werde durch die fortgehende Spaltenbildung und Spaltenausfüllung im Innern des Hauptberges die Folgerung gerechtfertigt: *que de nos jours et sous nos yeux l'Etna croît par soulèvement d'une manière appréciable.* Daher dringt Beaumont mit Recht auf die Erfüllung des von Boussingault ausgesprochenen Wunsches, dass bei künftigen Höhenbestimmungen des Aetna besonders auf gewisse Puncte des Piano del Lago, wie z. B. auf die Casa Inglese und die Torre del Filosofo Rücksicht genommen werde. *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, t. IV, p.* 19 und 20, auch 117.

Nur durch einen solchen allmälig und fortgesetzt wirkenden Mechanismus, aber wohl kaum durch einen einmaligen und plötzlichen Ruck dürfte die Bildung der meisten vulcanischen Erhebungskegel zu erklären sein, deren theilweise wirkliche Erhebung selbst Lyell, der entschiedenste Gegner der Theorie der Erhebungskratere, zugesteht, indem er sich zugleich für eine allmälige Erhebung und Anschwellung ausspricht*). Dass übrigens in der Mitte des anfänglich gebildeten Schichtensystems fortwährend ein allmälig in immer höheres Niveau gerückter Eruptionskegel existirt haben muss, diess versteht sich von selbst.

Bei der Lehre von der Trachytformation werden wir sehen, dass durch abyssodynamische Kraftäusserungen zuweilen auch Berge in Masse erhoben werden konnten, ohne Mitwirkung der Spaltenbildung und Injection. Es giebt also ausser den permanenten Vulcanen auch Erhebungskegel und Erhebungskratere anderer Art, welche ziemlich rasch und vielleicht durch einen einmaligen Act der Erhebung, ohne Intussusception von Gängen und neuen Schichten gebildet worden sind, indem nur die obersten Theile der Erdkruste rings um einen Punct aufwärts gedrängt wurden. Dergleichen Bildungen im kleineren Maassstabe sind auch zuweilen in vulcanischen Krateren beobachtet worden, wenn solche mit Lava erfüllt worden waren, deren erstarrte obere Decke durch unterirdische Explosionen stellenweise aufgetrieben wurde. Abich erwähnt einen Fall der Art vom Vesuv, dessen Krater im Jahre 1834 fast bis an den Rand mit Lava ausgefüllt war, deren erstarrte Oberfläche eine fast horizontale Ebene mit einem activen Schlackenkegel in der Mitte darstellte. Später wurde diese Ebene durch eine Spalte zerrissen, längs welcher sich dadurch kleine Kegel bildeten, dass die anfangs horizontalen Lavaschichten durch die an einzelnen Stellen mit Gewalt herausfahrenden Dämpfe aufwärts gebogen und aufgerichtet wurden**). Pilla beschreibt einen solchen Kegel, der eine bedeutende Grösse erreicht hatte, und wie eine aufgetriebene in ihrer Mitte geplatzte Blase erschien, so dass er einen ovalen Krater von ungefähr 40 Fuss Durchmesser umschloss, an dessen Wänden man die aufgerichteten Lavaschichten deutlich erkennen konnte; auch sah man zwei grosse Spalten nach entgegengesetzten Richtungen aus diesem kleinen Erhebungskrater hinauslaufen. Eine ähnliche Bildung beobachtete Pilla im August 1832, wo gleichfalls eine blasenartige Aufschwellung der Lavadecke Statt fand, deren Oberfläche anfangs nur schmale Spalten zeigte, welche jedoch allmälig immer weiter und tiefer wurden, so dass sich zulezt in der Mitte eine unregelmässige kraterförmige Vertiefung ausbildete, in welcher man 4 bis 5 über einander liegende

*) *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 398 und 367, an welchem letztern Orte gesagt wird: *it is also in the highest degree probable, that the development of the upheaving force, by which the shape of the cone may have been modified, was intermittent and gradual, not concentred in one effort of sudden and violent convulsion.*

**) *Lyell*, *Principles*, *p.* 364, bemerkt dabei, dass diese Erscheinung allerdings für Leopold von Buch's Theorie der Erhebungskratere spreche, obgleich immer noch ein Unterschied zwischen diesen 15 bis 25 Fuss hohen Hügeln und den mehre 1000 Fuss hohen Bergen zu machen sei.

Lavabänke unterscheiden konnte, die alle nach aussen geneigt waren *). Es ist möglich, dass manche der Kegel und Kratere der Phlegräischen Felder auf ähnliche Weise entstanden sind.

§. 60. *Bergeinstürze und Explosionskratere.*

Bis jetzt haben wir uns vorzüglich mit denjenigen Wirkungen der vulcanischen Eruptionen beschäftigt, welche eine Anhäufung von Massen auf der Erdoberfläche und eine Vergrösserung des Volumens der vulcanischen Berge zur Folge haben. Es kommen aber auch bisweilen Erscheinungen der entgegengesetzten Art vor, welche mit einer Verminderung des Volumens und der Höhe der Vulcane, oder mit einer Aushöhlung der Erdoberfläche verbunden sind. Dahin gehören besonders die Berg- und Krater-Einstürze und die Bildung der Explosionskratere.

Es ist begreiflich, dass die unterirdischen Explosionen und die Schmelzhitze der im Kraterschachte oft Jahrelang auf- und niederwogenden Lava im Innern der Vulcane grosse Zertrümmerungen und Aushöhlungen bewirken müssen und dass die dadurch gebildeten hohlen Räume bisweilen ein Zusammenstürzen einzelner Theile der Vulcane veranlassen können. Auch sind manche Beispiele von dergleichen Einstürzen bekannt, welche bald nur den Eruptionskegel bald auch den Erhebungskegel betroffen haben. Indessen dürfte wohl auch in manchen Fällen nicht sowohl ein wirklicher Einsturz, als vielmehr eine durch gewaltige Explosionen herbeigeführte Zerschmetterung und Zerstiebung als die Ursache der Erscheinung zu betrachten sein, welche man ihrer Form nach durch eine Einsenkung zu erklären pflegt.

Der Krater und Gipfel des Carguairazo in Quito stürzte am 19. Juli 1698 während eines Erdbebens grösstentheils in sich zusammen. Der nördlich vom Sangay liegende Capac-Urcu soll ehemals höher gewesen sein als der Chimborazo, ist aber, nach der Sage der Eingebornen, zu Anfange des fünfzehnten Jahrhunderts während einer sehr gewaltigen und langwierigen Eruption in sich zusammengebrochen, so dass sein Gipfel gegenwärtig mit vielen Zacken und Spitzen aufragt **). Der Papandayang auf Java, sonst einer der höchsten Berge der Insel, gerieth am 11. Aug. 1772 in Eruption; die Bewohner der Umgegend rüsteten sich zur Flucht; bevor sie sich jedoch retten konnten, fing der Berg an einzusinken, der grösste Theil desselben sammt seiner Umgegend stürzte unter furchtbarem Getöse in sich selbst zusammen und verschwand in

*) *Pilla*, in *Mém. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. I*, *p.* 175 und 176.

**) Nach Boussingault liegen die Bruchstücke des Trachytes, welcher ehemals den Gipfel bildete, in der ganzen Umgegend zerstreut, was eher auf eine Explosion, als auf einen Einsturz schliessen lassen würde.

der Erde, während ungeheure Massen von Auswürflingen nach allen Richtungen verschleudert wurden. Der bei diesem Ereignisse überhaupt versunkene Landstrich soll 15 Engl. Meilen Länge und 6 Meilen Breite gehabt haben*), und 40 Dörfer gingen dabei zu Grunde. Ganz ähnliche Ereignisse werden von einigen Vulcanen der Japanischen Inseln berichtet. — Während einer Eruption im Jahre 1444 wurde der Gipfelkegel des Aetna gänzlich zerstört, und an seiner Stelle ein grosser Schlund gebildet, aus welchem die Lava ausfloss; dieselbe Erscheinung wiederholte sich im Jahre 1702. Eben so sind die meisten Geologen, welche den Aetna gesehen haben, der Ansicht, dass das Val del Bove, dieses schroffe, tief eingesenkte Thal auf dem östlichen Abhange des Berges, lediglich durch einen Einsturz des betreffenden Theiles der Bergflanke zu erklären sei; eine Erklärung, welche Leopold v. Buch auch für das ähnliche Thal von Taoro am Pic von Teneriffa wahrscheinlich findet**).

Eine merkwürdige Erscheinung bilden die in manchen vulcanischen Gegenden vorkommenden kreisrunden, kesselförmigen Einsenkungen der Erdoberfläche, welche zwar in ihrer Form den Krateren der Vulcane sehr ähnlich sind, ausserdem aber in mancher Hinsicht von ihnen abweichen. Sie sind nämlich in dem festen, nicht vulcanischen Gesteine der betreffenden Gegend ausgehöhlt, dessen Massen bisweilen ringsum in steilen Wänden bis zum Rande aufsteigen, und nur an diesem Rande von einem oft sehr unbedeutenden Kraterwalle bedeckt werden, welcher theils aus Fragmenten und feinerem Schutte des Wandgesteins, theils aus Schlacken, Lapilli oder anderen vulcanischen Auswürflingen besteht. Die Fragmente des Wandgesteins sind nicht selten auffallend verändert, gebrannt und gefrittet, verschlackt und verglast, so dass die Einwirkung einer sehr hohen Temperatur durchaus nicht zu verkennen ist.

Da diese Bassins oft mehre hundert Fuss tief unter die Oberfläche der Umgegend eingesenkt sind, so sammeln sich die Wasser der benachbarten Quellen in ihnen an, und daher kommt es, dass sie gewöhnlich in der Tiefe mit klarem Wasser erfüllt sind und kleine Seen bilden, welche in der Eifel Maare, überhaupt aber Kraterseen (*cratères lacs*) genannt werden.

Dass wir es nun in diesen Maaren mit wirklichen Producten der vulcanischen Thätigkeit zu thun haben, dafür sprechen ihr beständiges Vorkommen in vulcanischen Gegenden, die nicht seltene Anhäufung ächter Schlacken und Lapilli an ihrem Rande, und die zuweilen gefrittete und verglaste Beschaffenheit der von ihren Wänden abstammenden Gesteins-

*) Nach Junghuhns Berichten zu schliessen, möchten diese Dimensionen übertrieben sein, und sich nur auf den überhaupt verheerten, nicht aber blos auf den wirklich versunkenen Theil beziehen.

**) Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 204.

fragmente. Wenn man nur auf ihre Form achtet, so haben sie allerdings eine grosse Aehnlichkeit mit gewöhnlichen Erdfällen, und diess hat manche Geologen veranlasst, sie für das Resultat von Einsenkungen zu halten, welche durch vorausgebildete unterirdische hohle Räume veranlasst wurden*). Allein die richtigere und jetzt ziemlich allgemein angenommene Ansicht ist wohl die, dass sie durch heftige Gas- und Dampf-Explosionen gebildet wurden, und daher wirklich als Explosions-Kratere (*cratères d'explosion*) zu betrachten sind.

Wenn nämlich in einer Gegend bei dem plötzlichen Durchbruche der vulcanischen Thätigkeit Spalten gebildet wurden, so ist es sehr wohl denkbar, wie an einzelnen, offen gebliebenen Puncten dieser Spalten die Dämpfe augenblicklich mit solcher Heftigkeit nach aussen explodirten, dass sie in den obersten Theilen der Erdkruste, welche ihrer Gewalt nicht zu widerstehen vermochten, den Effect einer Pulvermine ausübten, und folglich das um ihren Ausströmungspunct anstehende Gestein zerschmetterten, pulverisirten und nach allen Richtungen hinausschleuderten. Dadurch entstand zuvörderst eine kesselförmige Vertiefung, an deren Rande die zurückfallenden Gesteinstrümmer aufgehäuft wurden; war nun zugleich die Lava in der Spalte hoch genug heraufgetrieben, so werden auch Schlacken und andere Auswürflinge mit herausgeflogen sein, welche gleichzeitig mit den Bruchstücken des Wandgesteins der Pinge zum Niederfallen gelangten, auch wohl nach der ersten Explosion noch in grösserer Menge angehäuft werden konnten. Diese, in der Hauptsache vom Grafen Montlosier schon vor langer Zeit**) aufgestellte Ansicht steht nicht nur mit der ganzen Erscheinungsweise der Maare, sondern auch, wie v. Strantz gezeigt hat, mit der Theorie der Minen in so völliger Uebereinstimmung, dass man sie wohl als die richtige Erklärung derselben betrachten kann***).

Man kann wohl mit Recht behaupten, dass dergleichen Explosionskratere nichts Anderes, als in ihrer Geburt erstickte Vulcane oder völlig unentwickelte Keime von Vulcanen sind. Denn der erste Anfang bei der Ausbildung eines Vulcans kann kaum anders gedacht werden, als

*) Man hat sie daher auch im Sinne dieser Ansicht *cirques d'effondrement* oder *cratères d'enfoncement* genannt.

**) In seinem *Essai sur la théorie des volcans d'Auvergne*, 1789.

***) Strantz, im Neuen Jahrbuch der Mineralogie, u. s. w., 1839, S. 717, und 1846, S. 849. Auch Stengel hat für die Maare wesentlich dieselbe Erklärung aufgestellt, obgleich er dabei noch Einstürze zu Hilfe nimmt. Nöggerath, Das Gebirge in Rheinland-Westphalen, Bd. I, 1822, S. 86 und Bd. II, 1823, S. 208.

so, wie wir uns die Ausbildung eines Explosionskraters vorstellen. Der einzige Unterschied ist am Ende der, dass bei diesen letzteren nach der Aufsprengung des Schlundes entweder keine oder nur wenige Schlacken und Lapilli zu Tage gefördert wurden. Hätte sich die Eruption derselben anhaltend fortgesetzt, so würde zuletzt ein vollständiger Schlackenkegel entstanden sein; und hätte dann dieser Kegel im Laufe der Zeiten sehr viele Lavaergüsse geliefert, so würde er allmälig immer höher gerückt sein, bis endlich der Mechanismus der Erhebung in Wirksamkeit getreten und auch ein Erhebungskegel entstanden wäre. Daher finden sich denn auch Maare, welche von einem so bedeutenden Schlackenwalle umgeben sind, dass sie als förmliche Mittelglieder zwischen den einfachen Explosionskrateren und den einfachen Vulcanen betrachtet werden können.

Eines der schönsten Maare in der Eifel ist das Pulvermaar bei Gillenfeld, 2 Stunden von Daun. Dasselbe bildet eine äusserst regelmässige Vertiefung von 6500 Fuss Umfang, und enthält einen See ohne sichtbaren Abfluss von 288 Fuss Tiefe, der aber in der Mitte noch weit tiefer sein soll. An einer Stelle dicht am Rande des Sees steht etwas feste Lava in ganzen Felsen an, während der eigentliche Kraterwall vorzüglich von vulcanischem Sande, Bomben und anderen Auswürflingen gebildet wird. Das Weinfelder Maar, nahe bei Daun, ist ebenfalls vollkommen kreisrund, und ringsum von einem steil abfallenden Ufer umgeben, an welchem man den Grauwackenschiefer in senkrechten Schichten anstehen sieht; doch ragen am westlichen Ufer auch Felsen eines braunrothen Schlacken-Conglomerates auf. Da der Wall dieses Maares von aller Baumvegetation entblöst ist, so gewährt es mit der einsamen Kirche an seinem Rande und dem kreisrunden See in der Tiefe einen ganz eigenthümlichen Anblick; an der inneren Seite des Kraterwalls liegen viele Grauwacken- und Thonschiefer-Fragmente mit einzelnen Schlacken; an der äusseren Wand dagegen sind die Schlacken, die Lapilli und der Sand vorwaltend, obgleich auch dort noch viel feiner Grauwackenschutt vorkommt. Das Schalkenmehrner Maar wird nur durch diesen Kraterrand von dem Weinfelder Maare abgesondert; es ist weit grösser, aber weniger regelmässig, und in der Tiefe um den See mit Feldern bedeckt. Ganz in der Nähe liegt auch das Gemünder Maar, welches zwar das kleinste unter allen dreien ist, aber sowohl durch seine Tiefe, als auch durch die Schroffheit seiner aus Grauwackenschiefer bestehenden Wände, so wie durch die Bewaldung derselben einen höchst überraschenden Eindruck macht; sein Kraterwall zeigt nach aussen ebenfalls vorherrschend Lapilli und vulcanischen Sand, wie diess namentlich sehr schön dicht über Gemünd zu sehen ist, während wenige Schritte davon schon wieder Grauwackenschiefer ansteht. Sehr interessant ist auch das Meerfelder Maar, welches fast ½ Stunde im Umfang hat, und an dessen Wänden überall der Schiefer heraussteht.

Während die Maare der Eifel im Grauwackengebirge ausgesprengt wurden, so zeigen sich die ganz ähnlichen Explosionskratere der Auvergne theils im Granit, theils im Domit, theils im Basalt eingesenkt. Der schönste ist der

Gour-de-Tazena*) bei Manzat, am nördlichen Ende der dortigen Vulcanreihe; vollkommen kreisförmig, von mehr als 1200 Fuss Durchmesser, ist dieser mit einem See erfüllte Krater im Granit ausgehöhlt worden, dessen Fragmente am nördlichen und nordöstlichen Rande einen halbkreisförmigen Wall bilden, welcher auf seiner äusseren Böschung mit Schlacken überschüttet ist. Am südlichen Fusse des Puy-de-Coquille liegt ein kleiner im Domit enthaltener Explosionskrater, um welchen eine ungeheure Menge von Domitfragmenten aufgeschüttet ist, deren einige recht deutliche Spuren von Schmelzung zeigen. Der Lac Pavin, am nördlichen Fusse des Montchal, ist so gross wie der Gour-de-Tazena, liegt aber in Basalt, und wird theils von Basalt- und Granit-Fragmenten, theils von Schlacken eingefasst. Eben so liegen der Lac Chauvet und der Kratersee von La Godivel in Basalt; doch wird der letztere an seiner nördlichen Seite auch von Schlacken und Lapilli umgeben.

Uebrigens können sich auch in den Krateren wirklicher Vulcane, entweder während sehr langer Perioden der Ruhe, oder nach dem gänzlichen Erlöschen derselben, Wasseransammlungen bilden, welche als wirkliche Kraterseen erscheinen. Dahin gehören z. B. der Averner See bei Neapel, die Seen von Nemi, Albano und Ronciglione im Kirchenstaate, und manche andere in den Gegenden erloschener Vulcane vorkommende Seen.

§. 61. *Wasser- und Schlammausbrüche mancher Vulcane.*

Bevor wir die Betrachtung der vulcanischen Eruptionen verlassen, müssen wir noch der Wasser- und Schlammausbrüche gedenken, welche bei manchen Vulcanen beobachtet worden sind, obgleich nicht geläugnet werden kann, dass sie nur als zufällige Erscheinungen gelten können, deren Zusammenhang mit dem eigentlichen Vulcanismus nur in oberflächlichen und äusseren Verhältnissen begründet ist. Wenn während der Eruption eines Vulcans gewaltige mit Schlamm beladene Wasserfluthen von seinen Abhängen herabstürzen, so ist es freilich die zunächst liegende Vermuthung, welche sich dem unkundigen Beobachter über die Ursache solcher Erscheinung aufdrängt, dass diese Wasser- und Schlamm-Massen eben so aus dem Eruptionscanale hervorbrechen, wie die Lavaströme und Aschenregen. Daher haben denn auch die nach Guatimala übergesiedelten Spanier schon seit dem 16. Jahrhundert zwei Arten von Vulcanen, Feuervulcane und Wasservulcane (*volcanes de fuego* und *de agua*) unterschieden. Allein es ist wohl kaum denkbar, dass ein Vulcan jemals wirkliche Wasser-Eruptionen in dem Sinne gezeigt habe, wie man von Lava-Eruptionen spricht. Vielmehr sind alle Ereignisse dieser

*) Oder Gouffre de Tazenat, wie Montlosier schreibt; die Notizen über diese Maare der Auvergne sind aus der Abhandlung von Rozet, in *Mém. de la soc. géol.*, 2. *série, t. I, p.* 119 f. entlehnt.

Art nur als secundäre Wirkungen, als accessorische Erscheinungen des Vulcanismus zu erklären *).

Wir haben bereits oben in §. 48 die durch die vulcanischen Gewitter erzeugten Wasser- und Schlammfluthen kennen gelernt, von welchen es gar keinem Zweifel unterliegt, dass sie für nichts weniger als für wirkliche Wasser- und Schlamm-Eruptionen zu halten sind, obgleich sie durch die vulcanischen Eruptionen veranlasst und verstärkt werden **). Es giebt aber noch zwei andere Ursachen, welche dergleichen scheinbare Wasser- und Schlammausbrüche veranlassen können. Die eine, welche schon in §. 47 angedeutet worden ist, besteht in der plötzlichen Schmelzung der auf dem Gipfel mancher Vulcane angehäuften Schnee- und Eismassen; die andere in der plötzlichen Austreibung grosser Wassermassen, welche entweder in unterirdischen Höhlungen oder auch im Krater des Berges angehäuft waren.

Wenn ein Vulcan entweder vorübergehend im Winter, oder auch, vermöge seiner Höhe und des Klimas seiner Gegend, perennirend mit Schnee und Eis bedeckt ist, und unter dieser Schneedecke plötzlich in gesteigerte Thätigkeit geräth, so kann durch das lebhaft angefachte Spiel der um seinen Gipfel zahlreich hervorbrechenden Fumarolen, durch die daselbst niederfallenden glühenden Auswürflinge, auch wohl durch die ausfliessenden Lavaströme, eine solche Hitze erzeugt werden, dass die Schnee- und Eismassen in sehr kurzer Zeit zum Schmelzen gelangen, und als mächtige Thaufluthen herabströmen, welche Alles mit sich fortraffen, was sie in ihrem Wege antreffen. Ist der Berg auf seinen Abhängen mit vergletscherten Schluchten versehen, so wird auch das Gletschereis den Angriffen dieser Fluthen theilweise unterliegen, und so kann es geschehen, dass sich eine aus Wasser und Schlamm, aus Felsstücken und Eisblöcken chaotisch gemengte halbflüssige Masse mit furchtbarer Gewalt in die tieferen Gegenden hinabwälzt, grässliche Verheerungen überall als die Spuren ihres Laufes hinterlassend.

So stürzten sich z. B. am 2. März 1755, als der ganze Gipfel des Aetna noch in tiefen Schnee gehüllt war, zwei Lavaströme, deren einer über eine halbe Meile Länge erreichte, auf die Schneemassen, und veranlassten durch die rasche Schmelzung derselben eine fürchterliche Ueberschwemmung, welche

*) Vergl. auch Sartorius v. Waltershausen, Physisch-geographische Skizze von Island, S. 108.

**) Auch hat man sie nicht selten für wahre Wasser-Eruptionen gehalten; wie z. B. ein am Vesuv im Jahre 1631 vorgekommenes Ereigniss der Art die Tradition von siedenden Wasserströmen veranlasst hat, welche aus dem Krater geflossen seien; eine Tradition, welche durch eine Inschrift in Portici verewigt worden ist.

die Abhänge des Berges auf ein paar Meilen weit verwüstete, und die Ebene am Fusse desselben mit grossen Ablagerungen von Sand, Schlacken und Lavablöcken bedeckte. Es wurde damals viel von einer wirklichen Wasser-Eruption des Aetna gefabelt, bis eine genauere Untersuchung den wahren Hergang der Sache ins Klare setzte. Eine ganz ähnliche Wasserfluth ereignete sich bei einer früheren Eruption des Aetna im Jahre 1536.

Auf den hohen Vulcanen Südamerikas, welche die Schneegränze übersteigen, und nur sehr selten Eruptionen haben, häufen sich Schneelager von ungeheurer Mächtigkeit an, welche nicht nur während der Eruptionen, sondern zuweilen schon mehre Tage vor dem Beginnen derselben zum Schmelzen gelangen und Fluthen verursachen können. So wurden im Februar 1803, während Humboldts Aufenthalt zu Guayaquil, die Bewohner der Provinz Quito durch den Anblick des Cotopaxi erschreckt, welcher in einer Nacht einen grossen Theil seines Schnees verlor, und die schwarze Farbe seines Gesteins sichtbar werden liess.

An den Vulcanen Islands, welche grossentheils in ganz vergletscherten Regionen dieser Insel aufragen, sind dergleichen Erscheinungen sehr häufig und in grossartiger Weise vorgekommen. So zeigte der Katlegiaa, ein von unermesslichen Eisfeldern umgebener Vulcan, am 17. October 1755 drei gewaltige Wasserfluthen, welche Gletscherfragmente, Sand und Steine in unglaublicher Menge fortschwemmten, so dass eine 10 Meilen lange und 5 Meilen breite Fläche damit bedeckt wurde. Hausgrosse Eismassen, zum Theil mit grossen Felsblöcken auf ihrer Oberfläche, wurden von der Fluth mit fortgetragen. Bald nachher eröffnete sich mit einem furchtbaren Knalle die eigentliche Eruption des Berges. Aehnliche Ereignisse fanden bei den Eruptionen von 1625, 1660 und 1721, so wie in den Jahren 1823 und 1824 Statt; namentlich sollen sich von 1721 an die Ueberschwemmungen fast drei Jahre lang immer wiederholt, und dabei die Eismassen in so erstaunlicher Menge angehäuft haben, dass das Meer 3 Meilen weit vom Ufer damit erfüllt war. — Die Eruptionen des Oeräfa-Jökul sind gleichfalls stets von Wasserfluthen begleitet gewesen, deren Ursache in der Schmelzung der Gletscher zu suchen ist, welche diesen höchsten Berg*) der Insel umlagern; ja, die Gletscher sind zuweilen durch die Explosionen zersprengt und ihre colossalen Fragmente wie Auswürflinge in der ganzen Gegend weit umhergeschleudert worden. Besonders verheerend war die Eruption im August des Jahres 1727; nach vorausgegangenen Erderschütterungen und furchtbaren Detonationen stürzten zuerst heisse Wasserströme vom Berge hernieder; bald setzte sich auch ein ganzer Gletscher in Bewegung und glitt herab, wie schmelzendes Metall aus einem Tiegel, wogegen auf der Höhe des Berges Eismassen in die Luft geschleudert wurden, von denen einige am Meere, die meisten aber in der Ebene niederstürzten; viele Tage hinter einander wiederholten sich die Fluthen von fast siedendheissem Wasser, und richteten unbeschreibliche Verwüstungen an, während gleichzeitig ein verheerender Aschenregen niederfiel.

*) Nach Paulson's Messung ist der Oeräfa-Jökul 5560 Par. F. hoch.

Aber auch Wasser-Ansammlungen, welche sich entweder im Innern der Vulcane oder, nach sehr langen Perioden der Ruhe, in den geschlossenen Krateren derselben gebildet hatten, können bei plötzlich eintretenden Eruptionen aus ihren Behältern mit einem Male zum Ausflusse gelangen, und ganz ähnliche Fluthen verursachen, wie sie durch die vulcanischen Gewitter oder durch plötzliches Schmelzen des Schnees veranlasst werden.

Dass nämlich die grösseren Vulcane oft bedeutende Höhlen enthalten ist eine unbezweifelte Thatsache; in diesen Höhlen sammeln sich nun während der Perioden der Ruhe durch allmälige Infiltration die atmosphärischen Wasser an, und so bilden sich grosse unterirdische Wasserbehälter aus, dergleichen z. B. in den trachytischen Kegeln von Quito bekannt sind, wo sie mit Bächen in Verbindung stehen, deren Fische sich zum Theil in ausserordentlicher Menge in den Höhlen aufhalten und vermehren. Durch die heftigen Erschütterungen der Eruptionen können nun leicht Spaltungen oder Einstürze verursacht werden, welche den in diesen Höhlen angespannten Wassermassen plötzlich einen Ausgang eröffnen, worauf sie mit grosser Heftigkeit herausstürzen, Schlamm und Fische, Tuffmassen und lose Auswürflinge mit sich fortreissend, und ganze Landschaften überfluthend.

Zuweilen ist es auch wohl vorgekommen, dass sich die in der Tiefe geschlossenen Kratere oder Kraterschlünde erloschener oder lange pausirender Vulcane im Laufe der Zeit mit Wasser erfüllten, wodurch bei der wieder erwachenden Thätigkeit dieser Vulcane zu ähnlichen Ereignissen Veranlassung gegeben wurde.

So öffnete sich, während einer Eruption des Aetna im Jahre 1792, am Abhange des Berges ein Schlund, aus welchem mehre Wochen lang Wasser mit Asche, mit Schlacken und Thon gemengt ausströmte. Am Vulcane von Puracé bei Popayan, welcher keinen grossen Krater, aber viele kleinere Mündungen hat, fand Humboldt zwei unterirdische Wasseransammlungen oder Lagunen, deren Wasser sich durch entweichende Dämpfe in heftiger Aufwallung befand, und von welchen die grössere, *la boca grande*, im Jahre 1790 partielle Ueberschwemmungen veranlasste.

Sehr interessant sind die Nachrichten, welche Humboldt über die Wasser- und Schlammausbrüche mehrer Vulcane des Hochlandes von Quito gesammelt hat. Diese Eruptionen erfolgen gleichfalls aus unterirdischen Wasserbehältern, vielleicht auch aus Kraterseen und liefern eine ausserordentliche Menge von kaltem oder heissem Wasser, welches einen kohligen Schlamm, der dort Moya genannt wird, bisweilen aber auch unzählige kleine Fische mit sich führt. So warf einst der Cotopaxi auf die Ländereien des Marquis von Selvalegre eine so ungeheure Menge von Fischen, dass ihre Fäulniss die ganze Gegend mit Gestank erfüllte. Im Jahre 1691 spie der Vulcan Imbaburu zugleich mit Wasser und Schlamm viele Tausende von Fischen aus, deren Ver-

wesung man das Faulfieber zuschrieb, welches kurz darauf die Gegend von Ibarra heimsuchte. Als im Jahre 1698 der Gipfel des Carguairazo zusammenstürzte, bedeckte ein mit todten Fischen erfüllter flüssiger Schlamm einen fast zwei Quadratmeilen grossen Flächenraum. Der Cotopaxi und der Tunguragua warfen die Fische bisweilen aus Seitenspalten, bisweilen aber auch aus dem Krater. Man erzählt, dass einige dieser Thiere zuweilen noch lebend gefunden worden seien; so viel ist aber gewiss, dass sich nur wenige darunter befanden, die sehr verstümmelt gewesen wären, oder Spuren von der Einwirkung sehr grosser Hitze gezeigt hätten. Die Fische sind identisch mit denen, welche sehr häufig in den Bächen am Abhange und Fusse der dortigen Vulcane leben, und von den Einwohnern Preñadillas*) genannt werden; sie sind gewöhnlich 4 Zoll lang, und werden nur von den ärmsten Indianern gegessen. Bei der erstaunlichen Menge von ausgeworfenen Fischen lässt es sich gar nicht bezweifeln, dass die genannten Vulcane sehr grosse Wasserbehälter umschliessen müssen, welche im Eruptionszustande plötzlich mit ihrem ganzen Inhalte ausgeleert werden. Auch werden dieselben Fische von den Indianern häufig an solchen Stellen gefangen, wo aus Felsenklüften Bäche hervortreten, mit deren Wasser sie, zumal in dunkeln Nächten, sehr zahlreich an die Oberfläche der Erde gelangen sollen.

Während des Erdbebens, welches am 28. October 1746 Lima zerstörte, soll nach Ulloa ein Vulcan bei Lucanas in Peru geborsten sein und so viel Wasser ergossen haben, dass die ganze Umgegend überschwemmt wurde; die nämliche Erscheinung zeigten um dieselbe Zeit drei andere Vulcane bei Caxamarquilla unweit Pataz. Auch am Vulcane Antuco in Chile sollen zu Ende jeder grössern Eruption ansehnliche Ergiessungen von kaltem Wasser und Schlamm Statt finden. Der Volcan de agua bei Guatimala in Centro-Amerika hat seit Menschengedenken noch niemals Feuer, wohl aber Wasserströme ausgespieen und Steine ausgeworfen; bei dem grossen Wasserausbruche im September 1541 wurde die Stadt Ciudad Vieja zerstört, während der Berg selbst seinen Gipfel durch Einsturz verloren haben soll; wahrscheinlich war ein Kratersee vorhanden, dessen Wasser bei jener Eruption zum Ausflusse gelangte; denn obgleich der Berg nach Galindo 11840 Par. F. hoch ist, so reicht er doch noch lange nicht über die Schneegränze. Auch manche Vulcane der Insel Java und der Philippinen haben zuweilen Ausbrüche von Wasser und Schlamm geliefert; die Javanesen nennen diesen braunen, im trocknen Zustande bisweilen brennbaren Schlamm Büah, und es scheint, dass derselbe mit der Moya der Südamerikanischen Vulcane grosse Aehnlichkeit hat.

C. Erdbeben und Dislocationen der Erdkruste.

§. 62. *Begriff und allgemeine Verhältnisse der Erdbeben.*

Unter Erdbeben im eigentlichen Sinne des Wortes versteht man die durch abyssodynamische Thätigkeit erzeugten, fühlbaren oder selbst sicht-

*) *Pimelodes Cyclopum* der Zoologen, eine kleine Gattung aus der Familie der Welse.

baren Erschütterungen und Bewegungen grösserer oder kleinerer Theile der festen Erdkruste*). Sie geben sich uns zwar zunächst an der Erdoberfläche kund, deren Bewegungen nicht nur fühlbar, sondern auch sichtbar werden können, und in der Zerstörung von Gebäuden, in der Zertrümmerung ganzer Städte häufige und furchtbare Beweise ihrer Gewalt geliefert haben. Allein jedes wirkliche Erdbeben hat seine Ursache in einer von innen nach aussen, in einer von unten nach oben wirkenden Kraftäusserung, deren Sitz in denen unter der festen Erdkruste befindlichen Regionen unseres Planeten, wenigstens an der Gränze zwischen dem Centralgliede und dem tiefsten seiner peripherischen Glieder (§. 4), und jedenfalls in den unbekannten Abgründen der Tiefe gesucht werden muss.

Die in ihren Aeusserungen, zum Theil auch in ihren Wirkungen sehr ähnlichen Erzitterungen und Erschütterungen der Erdoberfläche, welche bisweilen durch äussere und oberflächliche Ereignisse verursacht werden, sind also nicht in den Kreis der eigentlichen Erdbeben zu ziehen. Dahin gehören z. B. die durch Felsenbrüche und Bergstürze, die durch Einstürze von Höhlen, die durch plötzliche Durchbrüche aufgestauter Wassermassen, die durch heftige Orkane, durch starke Gewitter, durch den Niederfall von Meteorsteinen hervorgebrachten Erbebungen des Erdbodens, welche daher zweckmässigerweise als blose Boden-Erschütterungen von den eigentlichen Erdbeben unterschieden werden.

Dagegen zeigen die Erdbeben die innigste Verwandtschaft, ja, man kann sagen, in qualitativer und ursachlicher Hinsicht eine völlige Identität mit denjenigen Erschütterungen und Bewegungen der äusseren Erdkruste, welche die vulcanischen Eruptionen zu begleiten pflegen. Weil sich jedoch diese Erdbeben gewöhnlich nur auf die nächsten Umgebungen der Vulcane selbst beschränken, während die von den vulcanischen Eruptionen unabhängigen Erderschütterungen oft über sehr grosse Räume

*) Eine vortreffliche und sehr ausführliche Darstellung der Erscheinungen und Wirkungen der Erdbeben findet sich in Fr. Hoffmanns hinterlassenen Schriften, Bd. II., S. 308—443. Auch gab Bögner in seiner Schrift: Das Erdbeben und seine Erscheinungen, Frankfurt 1847, eine kurze Zusammenstellung des Wichtigsten über die Erdbeben, welche freilich in ihrer ersten Hälfte grösstentheils ein wörtlicher Abdruck aus Hoffmanns Werk ist. Wichtig ist dagegen v. Hoff's Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, II. Theil, 1824, und die Preisschrift von Kries: Von den Ursachen der Erdbeben 1827. Uebrigens werden auch in den meisten Lehrbüchern der Geognosie die Erdbeben mehr oder weniger ausführlich behandelt. Eine kurze Uebersicht gab Girard in seiner Abhandlung: Ueber Erdbeben und Vulcane. Berlin, 1845.

Statt finden, und dadurch, sowie durch ihre gänzliche Unabhängigkeit von dem Dasein und der Thätigkeit wirklicher Vulcane einen ganz eigenthümlichen Charakter offenbaren, so wäre es vielleicht nicht unzweckmässig, die Erdbeben überhaupt als vulcanische und als plutonische Erdbeben zu unterscheiden*), indem wir unter den ersteren die gewöhnlich mehr localen, jedenfalls aber durch die Eruptionen eines Vulcans veranlassten, unter den letzteren die mehr ausgedehnten, von vulcanischen Eruptionen unabhängigen, und daher durch eine weit allgemeinere Wirkung der abyssodynamischen Thätigkeit hervorgebrachten Bewegungen der Erdkruste verstehen. Die schwächeren plutonischen Erdbeben geben sich freilich oft nur über einen kleineren Raum zu erkennen, daher die plutonischen Erdbeben überhaupt als locale und als allgemeine Erdbeben unterschieden werden müssen, und das hauptsächliche Argument ihrer Unterscheidung von den vulcanischen Erdbeben immer in der Unabhängigkeit von den Eruptionen eines Vulcans gesucht werden muss.

Dass aber ein sehr naher Causal-Zusammenhang zwischen den Erdbeben und den vulcanischen Eruptionen Statt findet, diess wird schon durch die, mit jeder heftigen Eruption eines Vulcans verbundenen Erschütterungen seiner Umgegend so wahrscheinlich, dass es kaum einer weiteren Bestätigung bedürfte, wenn nicht die ungeheure Ausdehnung mancher plutonischen Erdbeben und das öftere Auftreten derselben in gänzlich vulcanfreien Gegenden einige Zweifel erregen könnte. Allein eine grosse Ausdehnung ist ja auch bei manchen vulcanischen Erdbeben beobachtet worden; denn die in §. 48 erwähnte ausserordentlich weite Fortpflanzung der Schallwellen innerhalb des Erdbodens liefert uns ja offenbar einen Beweis, dass sich die durch die vulcanischen Explosionen hervorgebrachten Erschütterungen, wenn auch nicht fühlbar, so doch hörbar auf Hunderte von Meilen verbreiten können. Nun haben sich aber diese hörbaren Erschütterungen gar nicht selten bis in solche Gegenden erstreckt, wo weit und breit gar keine Vulcane existiren; es folgt also hieraus, dass diese, nur dem Ohre wahrnehmbaren Erzitterungen mancher nicht vulcanischen Gegenden durch dieselben Ursachen hervorgebracht werden, wie die wirklichen Erdbeben vulcanischer Gegenden. Da nun jene Erzitterungen nichts Anderes sind, als die äussersten und kleinsten Schwingungen entfernter Erdbeben, so wird es wohl sehr wahrscheinlich, dass überhaupt alle Erdbeben in ähnlichen Ursachen begründet sind, wie die Erschütterungen der vulcanischen Berge und ihrer Umgegend. Die zuweilen beobachtete Gleichzeitigkeit mancher sehr heftiger Erdbeben mit gewissen Symptomen entfernt liegender Vulcane liefert einen directen Beweis für den Causalzusammenhang, welcher die beiderlei Erscheinungen verknüpft.

*) So wie man die eruptiven Gesteine als vulcanische und als plutonische Gesteine unterscheidet, je nachdem sie unter Mitwirkung eines Vulcans gebildet worden sind, oder nicht.

13*

Die plutonischen Erdbeben sind eine ihrem Vorkommen nach sehr allgemein verbreitete Erscheinung, und es lässt sich nicht behaupten, dass irgend eine Gegend vor ihnen gänzlich gesichert sei, wenn sie auch noch so entfernt von eigentlichen Vulcanen liegt. Weder das Klima noch die Beschaffenheit des Bodens begründen einen wesentlichen Unterschied in der Erschütterungsfähigkeit eines Landstrichs; in den kalten, wie in den gemässigten und heissen Zonen, in den Gebieten der ältesten wie der neuesten Formationen treten die Erdbeben auf; und sie geben sich gerade dadurch als eine von den klimatischen Verhältnissen der Erdoberfläche, als eine von den formellen und materiellen Verhältnissen der Erdkruste völlig unabhängige Erscheinung zu erkennen; als eine Erscheinung, deren Ursache daher auch nothwendig in den Tiefen des Erdinnern gesucht werden muss.

Fassen wir die ganze Erdoberfläche ins Auge, und berücksichtigen wir jede kleine Erschütterung auch der vulcanischen Regionen, so ergiebt sich, dass die Erdbeben eigentlich zu den häufigen Natur-Erscheinungen gehören, und dass vielleicht kein Tag vergeht, an welchem nicht hier oder dort ein grösserer oder kleinerer Theil der Oberfläche erschüttert wird. Man darf nur daran denken, dass manche Gegenden längere oder kürzere Zeiträume hindurch fast unaufhörlichen Erschütterungen ausgesetzt waren, dass nur in cultivirteren Ländern Nachrichten über Statt gefundene Erdbeben aufgezeichnet werden, dass schon ein grosser Theil des Festlandes auch in dieser Hinsicht noch eine *terra inculta et incognita* ist, und dass die Erschütterungen des Meeresgrundes, welcher doch beinahe dreiviertel der ganzen Erdoberfläche ausmacht, unseren Beobachtungen fast gänzlich entzogen bleiben; und man wird die Häufigkeit der Erdbeben überhaupt gar nicht in Zweifel ziehen wollen *).

Was die Wahrnehmbarkeit und die Wirkungsart der Erdbeben betrifft, so kommen in dieser Hinsicht sehr grosse Verschiedenheiten vor, indem nicht nur ein und dasselbe Erdbeben in verschiedenen Gegenden seines Verbreitungsgebietes, sondern auch verschiedene Erdbeben in einer und derselben Gegend mit sehr verschiedener Stärke auftreten können, so dass alle möglichen Abstufungen zwischen den leisesten, fast nur

*) Wenn man, sagt Humboldt, Nachricht von dem täglichen Zustande der gesammten Erdoberfläche haben könnte, so würde man sich sehr wahrscheinlich davon überzeugen, dass fast immerdar, an irgend einem Puncte, diese Oberfläche erbebt, dass sie ununterbrochen der Reaction des Innern gegen das Aeussere unterworfen ist. Kosmos, I, S. 218.

dem Ohre vernehmbaren Erzitterungen, und den heftigsten nur mit Meereswogen zu vergleichenden Schwankungen der Erdoberfläche vorkommen.

Im Allgemeinen sind die Wirkungen der Erdbeben hinreichend bekannt. Die schwächeren Erdbeben verursachen nur ein Erzittern des Bodens und der Häuser, ein Klirren der Fenster, ein Knarren des Holzwerkes der Gebäude; bei stärkeren Bewegungen verschieben sich die Geräthschaften in den Zimmern, das Gebälke der Häuser kracht in seinen Fugen, die Wanduhren kommen zum Stillstande, die Glocken fangen an zu läuten, stehende oder sitzende Personen fühlen sich unsicher in ihrer Stellung, als ob sie von einem Schwindel ergriffen würden; bei noch heftigeren Stössen stürzen die Essenköpfe von den Häusern, die Mauern zerreissen, das Strassenpflaster wird aufgelockert, und alle bewegliche Gegenstände in den Häusern werden hin und her geschoben oder umgestürzt; bei den heftigsten Bewegungen endlich erfolgt eine allgemeine Zertrümmerung der Gebäude, das Steinpflaster springt aus seinem Lager, der Erdboden berstet auseinander, und versinkt stellenweise in die Tiefe, während andere Theile emporgedrängt oder auf sonstige Weise von ihrer Stelle gerückt werden.

Da die Erdbeben überhaupt die Erdkruste in ihrer ganzen Dicke oder Mächtigkeit erfassen, so werden die, in den oberflächlichen Vertiefungen der Erdkruste enthaltenen Wasser des Oceans an den Erschütterungen Theil nehmen müssen, sobald ein Erdbeben eine submarine oder paralische Region der Erdkruste betrifft; gerade so, wie das Wasser in einem Gefässe in Bewegung geräth, wenn das Gefäss einseitig etwas erhoben, oder auch durch Stösse und Schläge erschüttert wird. Daher ist es gar keine seltene Erscheinung, dass das Meer weit draussen im freien Ocean über grosse Räume auffallend beunruhigt wird, dass es an den Küsten der Inseln abwechselnd steigt und fällt, dass die Schiffe im tiefsten Fahrwasser Stösse und Erschütterungen erfahren, gleichsam als ob sie auf den Grund geriethen, u. s. w. Diese Meeresbeben oder Wasserbeben, wie man sie sehr richtig genannt hat, sind also nichts Anderes, als die den Wassern des Oceans mitgetheilten Erschütterungen und Bewegungen des Meeresgrundes, und es lässt sich wohl erwarten, dass sie im Allgemeinen sehr häufig vorkommen müssen, weil ja das Meer den grössten Theil der Erdoberfläche bedeckt, und weil gar kein Grund vorhanden ist, eine seltenere Bewegung des Meeresgrundes als des Festlandes anzunehmen. An den Küsten des von Erdbeben erschütterten Festlandes wird das Meer ganz ähnliche Erscheinungen wahrnehmen lassen, weil sich die Erschütterungen natürlich nicht

auf das Land beschränken, sondern auch auf den angränzenden Meeresgrund mehr oder weniger weit ausdehnen werden.

Nach dieser vorläufigen und allgemeinen Betrachtung wenden wir uns zu einer genauern Untersuchung der mancherlei Erscheinungen und Wirkungen der Erdbeben.

§. 63. *Modalität der Bewegung bei den Erdbeben.*

Obgleich es für den Beobachter mit mancherlei Schwierigkeiten uud Unsicherheiten verbunden sein muss, die Bewegungen der Erdbeben richtig zu beurtheilen, an denen zugleich mit ihm selbst alle umgebenden Gegenstände Theil nehmen, welche meist plötzlich und unerwartet eintreten, welche oft in Zeit von wenigen Secunden vollendet sind, und welche nicht selten den Schrecken zum Begleiter und die Zerstörung im Gefolge haben; so hat man doch, theils unmittelbar durch die Empfindung, theils mittelbar durch ihre Wirkungen verschiedene Arten der Bewegung erkannt, welche bei den Erdbeben vorzukommen pflegen. Man unterscheidet in dieser Hinsicht besonders die succussorische, die undulatorische und die rotatorische Bewegung*), welche jedoch gewöhnlich mit einander verbunden sind; was namentlich von den beiden ersteren Bewegungen gilt, während die dritte überhaupt etwas zweifelhaft erscheint.

Die succussorische oder auf- und niederstossende Bewegung ist diejenige, bei welcher der Erdboden in fast verticaler Richtung erst aufwärts und dann abwärts bewegt wird. Dabei ist die aufwärts gerichtete Bewegung wohl als die eigentliche Wirkung der plutonischen Kräfte, die abwärts gerichtete Bewegung mehr als die Wirkung der Schwerkraft zu betrachten. Diese Art der Bewegung, deren Wirkung man einigermaassen mit der einer explodirenden Mine vergleichen kann, giebt sich oft dadurch zu erkennen, dass bewegliche Körper aufwärts geschleudert werden; sie kann sehr zerstörend wirken, sobald sie mit einiger Stärke in mehrmaliger Wiederholung eintritt, und sie dürfte wohl an der Ursprungsstelle der meisten Erdbeben den eigentlichen Anfang derselben bezeichnen.

Bei dem Erdbeben, welches im Jahre 1797 die Stadt Riobamba zerstörte, wurden die Leichname vieler Einwohner auf den, mehre hundert Fuss hohen Hügel La Cullca geschleudert. Bei dem grossen Erdbeben Calabriens im Jahre 1783 sah man nach Hamilton sehr deutlich die höheren Theile der Granitberge auf- und niederspringen; auch wurden Menschen und einzeln stehende Häuser

*) Hoffmann, Hinterlassene Schriften, II, S. 310.

plötzlich in die Höhe geschnellt, und ohne grosse Beschädigung wieder niedergesetzt; die Fundamente vieler Häuser wurden aufwärts gestossen und die Steine des Strassenpflasters sprangen in die Höhe. Ja, bei dem Erdbeben in Chile, am 7. Nov. 1837, wurde auf dem Fort San Carlos ein über 30 Fuss tief in der Erde stehender und durch Eisenstangen gestützter Mastbaum herausgestossen, so dass er im Boden ein rundes Loch zurückliess.

Die undulatorische Bewegung entsteht eigentlich aus einer Verbindung der verticalen mit einer horizontalen Bewegung, indem nämlich die, an irgend einem Puncte, oder längs irgend einer Linie eingetretene verticale Bewegung von jenem Puncte aus radial, oder von dieser Linie aus transversal in wagerechter Richtung fortschreitet, so dass der Erdboden in abwechselnden Zonen einer Hebung und einer Senkung unterworfen ist, und eine, dem regelmässigen Wogengange des Meeres zu vergleichende Bewegung erhält. Diese Bewegung, welche sonach die successorische Bewegung mit in sich begreift, ist wohl die häufigste unter allen, und vielleicht die einzige, welche bei den grösseren, über bedeutende Räume der Erdoberfläche wirksam gewesenen Erdbeben als die vorherrschende Bewegungsart gedacht werden kann. Auch ist sie wohl die am wenigsten schädliche Bewegung, so lange ihre verticalen Schwingungen nur sehr klein sind; wenn aber die Amplitude dieser Schwingungen gross wird, so kann die undulatorische Bewegung sehr zerstörende Wirkungen ausüben, weil alle zwischen einem Wellenberge und einem Wellenthale befindlichen Gegenstände momentan aus ihrer verticalen Stellung gebracht werden, und eine oft sehr bedeutende Neigung gegen den Horizont erhalten, was z. B. bei Gebäuden einen sofortigen Zusammensturz zur Folge haben wird, da jede auf der Richtung der Undulation rechtwinklige Mauer niederfallen muss.

Diese wellenförmig schwankende Bewegung giebt sich nicht nur durch das Gefühl zu erkennen, indem man sich wie auf einem schwankenden Schiffe befindet, sondern sie wird auch noch durch anderweite Wahrnehmungen bestätigt. Während der heftigen Erdbeben in Calabrien erschienen öfters die am Himmel hinziehenden Wolken vor jedem Stosse einen Moment unbeweglich, gerade wie diess auf einem mit dem Winde segelnden Schiffe der Fall ist, während es mit dem Vordertheile aufsteigt; und Dolomieu berichtet es als eine nicht zu bezweifelnde Thatsache, dass man zuweilen Bäume gesehen habe, welche sich während der Stösse dermaassen neigten, dass sie mit den Kronen den Erdboden berührten; eine Erscheinung, welche ganz auf ähnliche Weise nach Douglas während des Chilener Erdbebens am 20. Februar 1835 auf der Insel Chiloë*), und nach Bringier bei Neumadrid im Staate Missouri während des grossen Erdbebens im Jahre 1811 vorgekommen ist. Bringier beobachtete, wie die Bäume, während die Erdbebenwelle unter ihnen fortging, sich neigten, und gleich nachher wieder aufrichteten, wobei es jedoch bis-

*) *Trans. of the geol. soc., vol. V,* 1840, *p.* 603.

weilen geschah, dass sie mit ihren Aesten gegenseitig in einander geriethen, und an der Wiederaufrichtung behindert wurden. Die Fortpflanzung der Welle gab sich im Walde sehr deutlich durch das Krachen der zerbrochenen Aeste zu erkennen, welches man erst auf der einen und dann auf der andern Seite hörte *).

Dieses parallele Fortschreiten der Undulationen wird auch durch die zuweilen eigenthümliche Art der Erhaltung und Zerstörung von Mauern beurkundet, je nachdem solche parallel oder rechtwinklig mit der Richtung des Fortschreitens standen. So blieben bei dem vorerwähnten Erdbeben in Chile, welches die Stadt Concepcion zerstörte, die in der Richtung des Stosses sich erstreckenden Mauern zwar stehen, zerbarsten aber durch Querspalten, wogegen die rechtwinklig auf die Richtung des Stosses (also parallel den Wellen) stehenden Mauern niedergeworfen wurden. Ganz ähnliche Erscheinungen sind im Jahre 1822 bei der Zerstörung von Valparaiso beobachtet worden **), gerade so, wie es bei einer unter den Mauern fortgehenden Wellenbewegung zu erwarten war.

Die sogenannte rotatorische Bewegung (die wirbelnde, kreisende oder drehende Bewegung, *il moto vorticoso* der Neapolitaner, *oscillation tournante*, wie sie Perrey nennt) soll zwar die verheerendste unter allen Bewegungen sein, aber am seltensten vorkommen, wenn sie überhaupt jemals Statt gefunden hat. Denn eine wirkliche rotatorische oder strudelartige Bewegung des Erdbodens dürfte wohl kaum anzunehmen sein, obgleich Erscheinungen vorgekommen sind, welche auf den ersten Anblick eine solche Annahme zu rechtfertigen scheinen; Erscheinungen, zu welchen namentlich die durch Erdbeben hervorgebrachten gegenseitigen Verdrehungen der in Obelisken oder Pfeilern über einander liegenden Steine gerechnet werden. Indessen hat schon Darwin Zweifel gegen die Möglichkeit einer rotatorischen Bewegung erhoben ***), und Mallet hat später in seiner Abhandlung über die Dynamik der Erdbeben gezeigt, dass jene Verdrehungen, welche man früher als entscheidende Beweise einer solchen Bewegung zu betrachten pflegte, auch durch eine geradlinig fortschreitende Bewegung erklärt werden können, sobald der Schwerpunct und der Mittelpunct der Adhärenz eines Steines nicht in die Richtung der Bewegungs-Ebene fallen †).

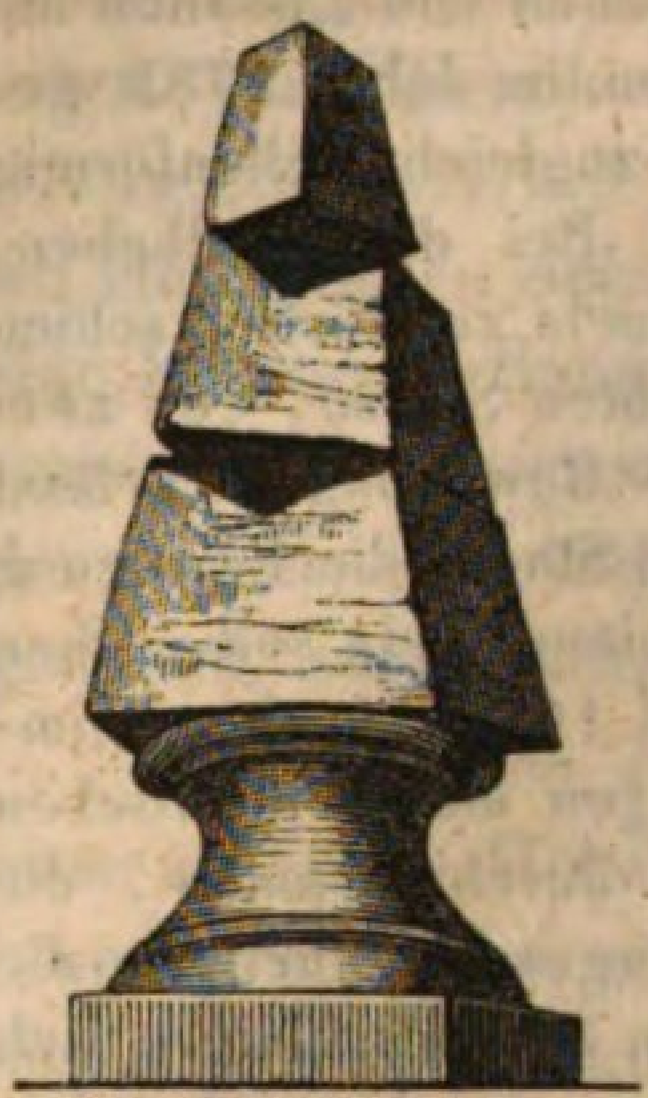
Einen der auffallendsten Beweise für die angebliche rotatorische Bewegung glaubte man nach dem Erdbeben von Calabrien in der Stadt Stefano-del-Bosco gefunden zu haben, wo zwei, vor dem Kloster des heiligen Bruno

*) *Lyell Principles*, *ed.* 7, *p.* 445.

**) *Trans. of the geol. soc., vol. V, p.* 603 und 617.

***) *Voyages of the Adventure and Beagle, vol. III,* 1839, *p.* 376.

†) *Lyell Principles, ed.* 7, *p.* 454.



stehende vierseitige Obelisken dergestalt zerstört erschienen, dass die Piedestale unverrückt stehen geblieben, die oberen Steine aber gegen die unteren um ihre Axe horizontal verdreht worden, jedoch gleichfalls liegen geblieben waren, so wie es die beistehende Figur zeigt. Man begreift, dass wenn hier wirklich eine wirbelnde Bewegung Statt gefunden hätte, dann die Axe derselben wunderbarer Weise gerade mit der Axe eines jeden dieser Obelisken zusammengefallen sein müsste. Eben so wird erzählt, dass in Catania auf Sicilien am 20. Februar 1818 Statuen um ihre Axe gedreht, und auch auf der Insel Zante am 29. Dec. 1820 ein *mouvement de rotation* vorgekommen sei. Bei dem Chilenischen Erdbeben von 1835 wurden in Concepcion einige viereckige Ornamente auf mehren Mauern diagonal verschoben, und dasselbe fand nach Miers mit den Quadersteinen der Pfeiler der Kirche La Merced zu Valparaiso Statt. Humboldt führt als Belege für die rotatorische Bewegung die Umwendung von Gemäuern ohne Umsturz, die Krümmung von vorher parallelen Baumpflanzungen und die Verdrehung von Aeckern an, welche mit verschiedenen Getraidearten bedeckt waren *). Auch sollen bei dem Erdbeben von Valparaiso im November 1822 mehre Häuser um ihre Axe, und drei ganz nahe bei einander stehende Palmen schraubenartig in einander geschlungen worden sein.

Während einerseits für die meisten dieser Erscheinungen die von Mallet vorgeschlagene Erklärung jener Annahme einer wirbelnden Bewegung vorzuziehen sein möchte, so ist anderseits nicht zu läugnen, dass zuweilen so regellose und zugleich so gewaltsame Bewegungen vorgekommen sind, als ob der Erdboden nach allen Richtungen in auf- und niedersteigende Wallung gerathen wäre. Man könnte diess die verworrene oder auch die kreuzende Bewegung nennen, weil sie wohl bisweilen dadurch entstehen mag, dass zwei Wellensysteme sich durchkreuzen, und gleichsam zur Interferenz gelangen. Uebrigens ist es wohl sehr begreiflich, wie die materielle Beschaffenheit und die Structur des Grund und Bodens einen wesentlichen Einfluss auf den Gang der Erdbebenwellen ausüben, und die Regelmässigkeit derselben gar häufig mit localen Störungen behaften müssen, so dass sich, wie Hoffmann sagt, die Oberfläche des Festlandes bisweilen wie ein von unregelmässigen Wellenschlägen beunruhigter Meeresspiegel darstellt, dessen Bewegungen durch den Rückstoss von verschiedenartig durch einander wirkenden Erschütterungen verwirrt werden **).

*) Kosmos, I, S. 212.

**) Fr. Hoffmann, Hinterlassene Werke, II, S. 310.

So wird die Bewegung bei dem fürchterlichen Erdbeben von Lissabon am 1. Nov. 1755, so die bei dem Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 geschildert, indem die verheerendsten Erschütterungen zugleich wellenförmig fortschreitend und auf- und niederspringend waren. Bei dem Erdbeben, welches am 26. März 1812 die Stadt Caracas in Venezuela zerstörte, schien es, als ob der Boden, nach vorausgegangenem senkrechten Stosse, von zwei horizontalen, einander rechtwinklig durchkreuzenden Bewegungen erfasst würde, bis endlich, im Momente der Zertrümmerung der Stadt, die Bewegung der Oberfläche wie die einer wallenden Flüssigkeit erschienen sein soll. Eben so zeigte während des Erdbebens, welches am 7. Juni 1692 Jamaica heimsuchte, die Erdoberfläche bei Port-Royal die Bewegungen einer stürmischen See; Land und Meer stürzten sich massenweise wild durch einander, die Menschen wurden theils niedergeworfen und hin- und hergerollt, theils in die Luft geschnellt und weit fortgeschleudert; Hunderte von Spalten öffneten sich gleichzeitig und verschlossen sich im nächsten Momente, um dann abermals aufzuklaffen, und der grösste Theil der Stadt versank sammt seinem Grunde in das Meer. — Da bei solchen und ähnlichen Ereignissen eine Regelmässigkeit im Gange der Erdbebenwelle weder vorauszusetzen noch zu erkennen ist, so müssen wir wohl annehmen, dass in dergleichen Fällen bedeutende locale Perturbationen derselben Statt gefunden haben.

§. 64. *Bestimmung der Richtung der Erdschwankungen; Seismometer.*

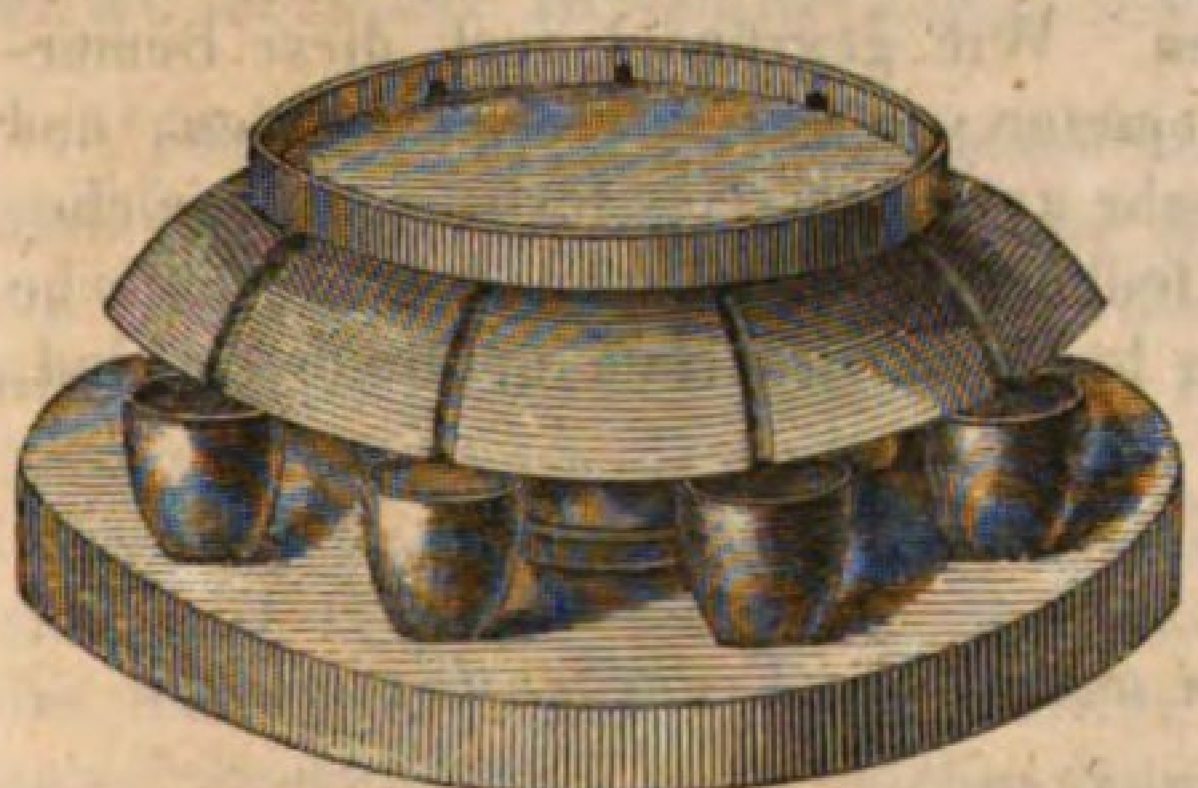
Die horizontal fortschreitenden Schwingungen der Erdbeben folgen gewöhnlich einer bestimmten Richtung, und diese Richtung liefert uns ein topisches Element der Erdbeben, welches für die Theorie dieser grossartigen Naturerscheinungen von der grössten Bedeutung ist. Denn man wird nur dadurch zu einer genauern Einsicht in den Zusammenhang und das Wesen der grösseren Erdbeben gelangen können, dass man eine graphische Darstellung ihrer Bewegungen, d. h. des Fortschreitens ihrer Wellen zu geben versucht. Eine solche graphische Darstellung wird aber nur in der Weise zu gewinnen sein, dass die Schwingungsrichtungen gleichzeitiger Erdbeben an möglichst vielen Puncten genau beobachtet, und alle diese Beobachtungen auf einer guten Charte zu einem gemeinsamen Bilde zusammengefasst werden. Sollen aber dergleichen Combinationen zu brauchbaren Resultaten führen, so ist es nothwendig, dass an jedem einzelnen Beobachtungspuncte solche Instrumente und Methoden angewendet werden, durch welche man sich einigermaassen zuverlässige Beobachtungen über die Direction der Erdbebenwellen verschaffen kann. Die zu diesem Behufe vorgeschlagenen Instrumente hat man Seismographen oder auch Seismometer genannt.

Das einfachste, zugleich auch als Warnungsmittel in Italien ziemlich allgemein gebräuchliche Instrument der Art besteht in einem 3 bis

4 Fuss langen, mit seinem oberen Ende befestigten Faden, an welchem unten ein Bleiloth angebracht ist, dessen Spitze die Oberfläche eines untergestellten, mit feinem Sande erfüllten Gefässes berührt, so dass sie bei eintretenden Schwankungen des Lothes die Richtung derselben durch eine Furche im Sande einschreibt. Dieses Instrument ist jedoch, theils wegen seiner zu grossen Empfindlichkeit, theils wegen der Beweglichkeit des von dem Erdbeben gleichfalls mit erschütterten Sandes nicht sehr geeignet, zuverlässige Angaben zu liefern.

Man hat sich auch eines runden Gefässes bedient, welches bis zu einer gewissen Höhe mit Wasser gefüllt ist, dessen Oberfläche mit Kleie bestreut wird; bei eintretenden Schwankungen des Erdbodens wird durch die gleichsinnige Schwankung des Wassers eine Benetzung der in derselben Richtung liegenden Theile des inneren Gefässrandes bewirkt, welche sich an den daselbst anhaftenden Kleietheilen zu erkennen giebt. Statt dessen hat De la Beche vorgeschlagen, eine klebrige Flüssigkeit, wie z. B. Theriak, anzuwenden*).

Zweckmässiger ist das von Cacciatore**) angegebene Seismometer, welches aus einem flachen kreisrunden Gefässe besteht, dessen Seitenwand von acht, in einer Ebene liegenden und den Puncten eines regulären Achtecks entsprechenden Löchern durchbohrt ist, welche nach aussen mit Rinnen oder Röhren in Verbindung stehen, unter deren jeder sich ein kleiner fest stehender Becher befindet. Dieses Instrument wird an einem, vor zufälligen Erschütterungen gesicherten Orte dergestalt aufgestellt und



befestigt, dass die acht Ausgussöffnungen den Weltgegenden Nord, Nordost, Ost u. s. w. entsprechen, während deren untere Ränder in einer Horizontalebene liegen; endlich füllt man das Gefäss so weit mit Quecksilber, dass der Spiegel desselben bis an diese unteren Ränder reicht. Sobald nun eine Schwankung der Erdoberfläche eintritt, wird ein Theil des Quecksilbers durch diejenigen beiden sich gegenüber liegenden Oeffnungen ausfliessen, deren Verbindungslinie der Richtung der

*) Anleitung zum naturwissenschaftlichen Beobachten, übers. von Rebbock, S. 112.

**) Poggendorffs Annalen, Bd. 24, S. 62 ff.

Bewegung am nächsten liegt; auch wird die Menge des ausgeflossenen Quecksilbers um so grösser sein, je stärker die Schwankung war.

Mittels dieses Seismometers sind seit dem Jahre 1818 zu Palermo Beobachtungen angestellt worden, welche zur Zeit von Hoffmanns Anwesenheit das Resultat geliefert hatten, dass von 27 stärkeren Erdbeben 19 sehr constant eine fast ostwestliche Richtung hatten, was nach Hoffmann zuverlässig darin begründet ist, dass der 21 Meilen entfernte Aetna östlich von Palermo liegt; bei 4 Erdbeben war die Richtung nordsüdlich, und bei 4 anderen, von denen 3 dem Jahre 1831 angehören, fiel sie in die Linie NO. — SW., welche fast genau auf die in demselben Jahre entstandene vulcanische Insel Julia (S. 52) verweist.

Ein ganz ähnliches Seismometer ist später von Coulier angegeben worden. Dasselbe besteht aus einem Kugelsegmente, dessen Basis horizontal eingestellt werden kann, während auf dem Scheitel eine Vertiefung angebracht wird, aus welcher Rinnen nach den verschiedenen Weltgegenden auslaufen. Die centrale Vertiefung wird auch hier bis an den Rand mit Quecksilber erfüllt, u. s. w. (*Bulletin de la soc. géol.*, *t. IV*, 1834, *p.* 393). Aimé macht zwar aufmerksam darauf (ebend. *t. VI, p.* 133), dass dergleichen Instrumente bei verticalen Stössen keine Anzeige geben können, dass sie auch bei undulatorischer Bewegung nur den ersten Stoss anzeigen, die etwa wiederholten Bewegungen aber entweder gar nicht anzugeben vermögen, oder doch nicht erkennen und unterscheiden lassen. Wie gegründet auch diese Bemerkungen sind, so bleibt doch das Seismometer von Cacciatore einstweilen, und bis zur Erfindung eines besseren, ein sehr zweckmässiges Instrument, welches sich durch seine Einfachheit und Wohlfeilheit empfiehlt, und dessen vielfache Anwendung in solchen Gegenden, die häufigen Erdbeben unterworfen sind, sehr wünschenswerth ist*).

§. 65. *Unterirdisches Getöse und andere die Erdbeben begleitende Erscheinungen.*

Die Erdbeben verkünden sich gewöhnlich durch unterirdisches Getöse, welches entweder unmittelbar vorher oder gleichzeitig vernommen wird, bisweilen aber auch erst nach der Erschütterung eintritt. Die Art dieses Getöses ist sehr verschieden; bald ist es ein Brausen, wie das eines Sturmwindes; bald ein Klirren, als würden eiserne Ketten durch einander geworfen; bald ein Rasseln, wie wenn viele schwer beladene Wagen rasch über das Pflaster fahren; bald ein Rollen, wie der Wirbel vieler Trommeln; bald ein donnerartiges Getöse, oder eine Reihe ein-

*) Die, das Seismometer betreffende Abhandlung von Forbes, in den *Trans. of the roy. soc. of Edinburgh, vol.* 15, *p.* 219, ist mir nicht zugänglich gewesen.

zelner krachender Schläge; in einigen Fällen vergleicht man es dem schrillenden Geräusche, als ob in unterirdischen Räumen Glas- oder Porcellan-Geschirr zerschlagen würde. Uebrigens gilt von diesem Getöse der Erdbeben, was oben in §. 48 von dem Getöse der vulcanischen Eruptionen bemerkt wurde, dass es fast gleichzeitig über sehr grosse Räume und überall aus der Tiefe herauf vernommen wird; wie es denn z. B. in Südamerika als eine ganz allgemeine Erfahrung gilt, dass es besonders stark aus den Oeffnungen tiefer Brunnen hervortönt. Da die Erdbebenwellen selbst mit grosser Geschwindigkeit bedeutende Räume durchlaufen, da sie an jedem Puncte ihres Eintreffens solche innere Bewegungen der Erdkruste, als gegenseitige Pressungen und Reibungen, Quetschungen und Brüche ihrer einzelnen Theile verursachen müssen, welche sich auch durch den Schall zu erkennen geben, und da feste Körper den Schall weit schneller fortleiten als die Luft, so ist diese rasche Verbreitung des Erdbeben-Getöses sehr begreiflich.

Nur in seltnen Fällen sind die Erdbeben von gar keinem Geräusche begleitet, wie diess in Chile mehrmals vorgekommen ist, und auch bei dem grossen Stosse des Erdbebens von Riobamba am 4. Febr. 1797 der Fall war. Häufiger ist das Gegentheil, nämlich unterirdisches Getöse ohne merkbare Erschütterung beobachtet worden.

Für diese Erscheinung, welche schon Aristoteles und Plinius kannten, liefern die unterirdischen Donner, die sogenannten Bramidos von Guanaxuato, ein höchst denkwürdiges Beispiel. In dieser, fern von allen thätigen Vulcanen liegenden Bergstadt des Mexicanischen Hochlandes, hörte man nämlich, vom 9. Januar 1784 an über einen Monat lang, sich beständig wiederholende, langsam rollende Donner und abwechselnd dazwischen kurze krachende Schläge, ohne dass weder auf der Oberfläche, noch in den 1500 F. tiefen Bergwerken das leiseste Erdbeben verspürt worden wäre. Desungeachtet erregte dieses unterirdische Gebrüll einen solchen Schrecken, dass fast alle Einwohner aus der Stadt flüchteten. Das Getöse war übrigens nur auf einen verhältnissmässig kleinen Raum des gebirgigen Theils der Sierra beschränkt, verzog sich, eben so wie es gekommen war, mit allmälig abnehmender Stärke, und ist daselbst weder vorher noch nachher in ähnlicher Weise wieder vernommen worden*). Aehnliche Bramidos kommen auch sehr häufig auf dem Plateau von Quito vor, doch folgen ihnen dort gewöhnlich ganz schwache Erdstösse. Auch in Piemont vernahm man während der Erdbeben im Jahre 1808 gar häufig unterirdisches Knallen und Getöse wie Kanonenschüsse, ohne Erschütterungen zu verspüren. Ein sehr auffallendes Beispiel der Art lieferten die im März 1822 beginnenden und ein paar Jahre fortdauernden Detonationen auf der Dalmatischen Insel Meleda, welche von Partsch gründlich untersucht und ausführlich beschrieben

*) Humboldt, Kosmos, I, S. 216 u. 444.

worden sind*). Diese Detonationen glichen völlig dem Schalle entfernter Kanonenschüsse, waren daher nicht donnerähnlich, erfolgten aber bisweilen so häufig, dass man z. B. in der Nacht vom 2. bis 3. September 1823 über hundert einzelne Schüsse hörte. Ueberhaupt erreichte das Phänomen im August und September 1823 eine furchtbare Stärke, so dass die ganze Bevölkerung der Insel in die grösste Bestürzung gerieth. Die Detonationen wurden besonders im Thale von Babinopoglie gehört, waren auf einen kleinen Raum beschränkt, ereigneten sich aber zu allen Jahreszeiten, zu allen Stunden des Tages, bei jeder Witterung, und fanden meist ohne alle Erderschütterung Statt. Desungeachtet aber erklärte sie Partsch für Phänomene, welche mit den Erdbeben in eine und dieselbe Kategorie zu stellen sind, wie sie denn auch bisweilen von wirklichen Erdstössen begleitet waren.

Während das unterirdische Getöse als ein fast beständiger und man möchte fast sagen, nothwendiger Begleiter der Erdbeben zu betrachten ist, so werden dagegen viele andere begleitende Erscheinungen angeführt, welche wohl meistentheils nur als zufällig gleichzeitige Ereignisse gelten können, obwohl man auch ihnen einen Causal-Zusammenhang mit den Erdbeben zuzuschreiben geneigt gewesen ist. Dahin gehören z. B. eigenthümliche Nebel, heftige Windstösse, Gewitter und andere elektrische Erscheinungen, Ausströmungen von Dämpfen und Gasen u. s. w.

So ist vor, während und nach manchen Erdbeben die Atmosphäre der betreffenden Gegenden von eigenthümlichen, trocknen, oft röthlichen, höhrauchähnlichen Nebeln erfüllt gewesen, welche sich jedoch nach Humboldt weder als constante Begleiter, noch als sichere Vorboten von Erdbeben betrachten lassen**).

Besonders auffallend war diese Erscheinung im Jahre 1783, in welchem nicht nur das grosse Erdbeben von Calabrien, sondern auch der gewaltige Ausbruch des Skaptar-Jökul auf Island (S. 176) Statt fand. Im Juni dieses Jahres bedeckte der Nebel fast ganz Europa, das nördliche Afrika, einen kleinen Theil Asias, und das Atlantische Meer bis nach Nordamerika; ganz besonders dicht war er auf dem Mittelländischen Meere, namentlich in dem zwischen Italien und Spanien gelegenen Theile; auch erstreckte er sich so hoch, dass er noch die höchsten Gipfel der Alpen erreichte. Merkwürdigerweise wiederholte sich dieses Phänomen in ähnlicher Ausdehnung im Sommer 1831, also um dieselbe Zeit, als zwischen Sicilien und Pantellaria die vulcanische Insel Julia entstand. Der Nebel trat dort fast gleichzeitig mit der Bildung dieser Insel ein, verbreitete sich darauf über ganz Europa, später auch bis nach Sibirien und Nordamerika, und erregte in vielen Ländern die allgemeine Aufmerksamkeit wegen der langen Dämmerung und starken Abendröthe, welche er veranlasste. Auch vor und bei dem Erdbeben von Lissabon war die Luft in der Umgegend mit einem röthlichen Nebel erfüllt, und vor dem Erd-

*) Bericht über das Detonations-Phänomen auf der Insel Meleda. Wien, 1826.
**) Hoffmann, Hinterlassene Werke, II, S. 364.

beben von Cumana am 4. November 1799 sind mehre Tage nach einander besonders gegen Abend dergleichen auffallende Nebel beobachtet worden.

Dass öfters heftige **Windstösse** und starke **Gewitter** kurz vor, unmittelbar während, oder bald nach einem Erdbeben eingetreten sind, dürfte wohl nur als ein zufälliges Zusammentreffen dieser localen meteorologischen Erscheinungen mit dem allgemeineren abyssodynamischen Ereignisse zu betrachten sein. Denn während bei manchen Erdbeben, wie z. B. bei jenem in England von 1795, bei dem in Neapel von 1805, und bei dem auf der Insel Zante am 29. December 1820 dergleichen Erscheinungen wahrgenommen worden sind, so haben sich viele andere Erdbeben bei völlig stillem Wetter und heiterem Himmel ereignet*). Während des Erdbebens von Calabrien im Jahre 1783 war das Wetter daselbst ganz ruhig und heiter, wogegen sich, als zu derselben Zeit Messina zerstört wurde, in der dortigen Meerenge ein starkes Gewitter entlud.

Eine weit beachtenswerthere Erscheinung ist das bei manchen Erdbeben beobachtete **Hervorbrechen** von **Gasen**, **Dämpfen** und selbst von **Feuerflammen** aus Spalten des Erdbodens; eine Erscheinung, welche insofern mit den Erdbeben selbst in einem ursachlichen Zusammenhange stehen dürfte, wiefern wohl anzunehmen ist, dass durch die Bewegungen und Zerreissungen der äusseren Erdkruste eine Communication zwischen der Oberfläche und den tieferen Erdschichten eröffnet worden ist, von welchen jene Gase und Dämpfe abzuleiten sind. Wir werden daher weiter unten bei den Wirkungen der Erdbeben diese Erscheinungen nochmals zu erwähnen haben.

Auch auffällige **elektrische Erscheinungen** sind zuweilen in Begleitung der Erdbeben wahrgenommen worden. So beobachtete z. B. Humboldt während des Erdbebens in Cumana eine merkwürdige Erregung der atmosphärischen Elektricität, indem das Elektroskop in raschem Wechsel bald positive, bald negative Elektricität anzeigte. Desgleichen fand Vasalli-Eandi während der Erdbeben in Piemont im Frühjahre 1808 die Atmosphäre mehrmals im hohen Grade elektrisch. Auch ist es eine in Südamerika allgemein verbreitete Meinung, dass die Erdbeben mit der Häufigkeit der Gewitter im umgekehrten Verhältnisse stehen; eine Meinung, welche sich auch für den Staat Louisiana in Nordamerika vor den Erdbeben von 1812 und 1813, und für die Neapolitanische Provinz Molise im Jahre 1805 bestätigt zu haben scheint.

Endlich will man auch eine Einwirkung der Erdbeben auf die

*) Kries, von den Ursachen der Erdbeben, S. 25.

Magnetnadel und auf den Erdmagnetismus beobachtet haben. Kant hat mehre ältere Beobachtungen der Art zusammengestellt, welche jedoch nur auf mechanische Störungen zurückzuführen sein dürften. Dagegen fand Humboldt in Cumana und Lima, nach den dortigen Erdbeben von 1799 und 1802, eine auffallende Verminderung der magnetischen Inclination. Unregelmässige Oscillationen der Magnetnadel beobachtete Arago während der Erderschütterung in Paris am 19. Februar 1822, wie sie denn auch bei anderen Erdbeben vorgekommen sind, ohne deshalb gerade auf eine wirkliche Störung der magnetischen Richtkraft zu verweisen. Auch sind genug Fälle bekannt, da die Erdbeben gar keine Wirkung auf die Magnetnadel gezeigt haben. So konnte Erman bei dem Erdbeben von Irkutzk am 8. März 1828 in der Lage der Nadel eines Gambey'schen Declinatoriums durchaus keine Störung entdecken und Humboldt führt an, dass er in Quito während heftiger Erderschütterungen niemals eine Einwirkung auf die Magnetnadel beobachtet habe, was auch Vasalli-Eandi von den Erdbeben in Piemont bestätigt.

§. 66. *Angebliche Vorzeichen und meteorologische Symptome der Erdbeben.*

An die im vorhergehenden §. betrachteten Verhältnisse schliesst sich zunächst Dasjenige an, was über die angeblichen Vorzeichen der Erdbeben und über den angeblichen Zusammenhang derselben mit meteorologischen Erscheinungen so häufig gesagt und geglaubt worden ist.

Was zuvörderst die Vorzeichen der Erdbeben betrifft, so kann man wohl behaupten, dass ausser den schwächeren Erzitterungen des Bodens, welche den heftigeren Stössen oft vorauszugehen pflegen, und ausser dem zuweilen präludirenden Getöse, anderweite bestimmte und sichere Vorboten dieser furchtbaren und zerstörenden Ereignisse gar nicht anzunehmen sind.

Kries gelangte durch seine kritischen Zusammenstellungen in dieser Hinsicht zu dem Endresultate*): dass es kein Merkmal giebt, welches als ein sicheres Vorzeichen eines herannahenden Erdbebens gelten könnte. Denn was man etwa in dem Charakter der Witterung, oder in dem Stande des Barometers, oder in dem Erscheinen feuriger Meteore, oder in dem Verhalten der Thiere und in dem Befinden der Menschen als ein solches Vorzeichen ansehen möchte, — wie oft findet es nicht auch Statt, ohne dass ein Erdbeben darauf erfolgt! und wie viele Erdbeben ereignen sich nicht, ohne dass diese Merkmale ihnen vorausgehen! Eben so erklärte sich Humboldt

*) Von den Ursachen der Erdbeben, S. 24 u. 25.

noch neuerdings*) hierüber folgendermaassen: »In Ländern, wo die Erdstösse vergleichungsweise seltener sind, hat sich nach einer unvollständigen Induction der sehr allgemeine Glaube gebildet, dass Windstille, drückende Hitze, ein dunstiger Horizont immer Vorboten der Erdbeben seien. Das Irrthümliche dieses Volksglaubens ist aber nicht blos durch meine eigene Erfahrung widerlegt; es ist es auch durch das Resultat der Beobachtungen aller Derer, welche viele Jahre in Gegenden gelebt haben, wo, wie in Cumana, Quito, Peru und Chile, der Boden häufig und gewaltsam erbebt.«

Aber auch selbst die vorläufigen Erzitterungen des Bodens und das verkündende unterirdische Getöse wurden keineswegs in allen Fällen empfunden, so dass manche schrecklich verheerende Erdbeben durchaus ohne alle Vorzeichen eingetreten sind. Das Erdbeben von Lissabon z. B. begann sogleich mit einem sehr heftigen Stosse, als gerade ein grosser Theil der Bevölkerung in den Kirchen versammelt war; und so geschah es, dass 30000 Menschen ganz unvermuthet den Tod fanden. Dasselbe fand nach Dolomieu bei dem Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 Statt; und eben so verhielt es sich mit dem fürchterlichen Erdbeben, welches die Stadt Lima in Peru zerstörte.

Alles, was man von einem gesetzmässigen Zusammentreffen der Erdbeben mit atmosphärischen Erscheinungen und Zuständen gesagt hat, dürfte grösstentheils in einer mangelhaften, auf einzelne trügerische Zufälle basirten Induction beruhen. Dahin gehört das Zusammentreffen mit Stürmen oder mit Windstillen, mit heiterem oder bewölktem Himmel, mit sehr trockner oder sehr nasser Witterung, mit dieser oder mit jener Windesrichtung, das Zusammentreffen mit besonderen Temperatur-Verhältnissen oder Barometerständen, u. s. w. Von den meisten dieser Erscheinungen ist während verschiedener Erdbeben bald die eine bald die andere beobachtet worden, und wenn man bedenkt, über welche grosse Räume sich manche Erdbeben verbreitet haben, so begreift man recht wohl, dass es immer gelingen wird, in dieser oder jener Gegend eines erschütterten Landstriches solche Witterungs-Verhältnisse ausfindig zu machen, welche der einen oder der andern vorgefassten Meinung entsprechen. Es dürfte daher Perrey's Ausspruch ziemlich allgemeine Giltigkeit haben: *ces concomitances ne prouvent rien encore dans l'état actuel de la science relativement aux tremblements de la terre***).

Indessen spricht sich Perrey doch an einem andern Orte (*Comptes rendus*, *t.* 17, *p.* 622) hierüber folgendermaassen aus: *Y a-t-il connexion necessaire entre des causes différentes de ces divers phénomènes, ou bien n'y faut il voir qu'une simultanéité fortuite? Je ne puis repondre encore à cette double question. Quoique nombreux, les faits ne le sont pas encore assez, pour établir des rapports généraux et constants entre les diverses*

*) Kosmos, I, S. 213.

**) *Comptes rendus*, *t.* 16, 1843, *p.* 1303.

classes de phénomène, que je viens de rappeler. Humboldt ist gleichfalls nicht abgeneigt, einen Einfluss des Eintritts der Regenzeit nach langer Dürre unter den Tropen und des Wechsels der Moussons, für welchen der allgemeine Volksglaube spricht, zuzugestehen, weil uns bis jetzt der genetische Zusammenhang meteorologischer Processe mit dem, was in dem Innern der Erde vorgeht, wenig klar ist*). Auch Darwin schliesst aus einigen Beobachtungen über das Fallen des Barometers vor grossen Erdbeben und aus den ungewöhnlichen, ausser der Regenzeit eingetretenen Regengüssen nach einigen Erdbeben, dass es einen gewissen Zusammenhang zwischen den atmosphärischen und den unterirdischen Störungen geben mag, dessen Wesen uns noch ganz unbekannt ist**).

Soll ein Zusammenhang der Erdbeben mit gewissen meteorologischen Verhältnissen zugestanden werden, so dürften es am ersten die barometrischen Verhältnisse und die mit ihnen zusammenhängenden Verhältnisse der Windesrichtung sein. Gerade diese Erscheinungen sind auch einer genaueren Prüfung unterworfen worden, deren Resultate jedoch gleichfalls eben so viel für als wider einen solchen Zusammenhang sprechen, welchen man besonders für einen auffallend niedrigen Barometerstand annehmen zu können glaubte.

Humboldt hat schon lange gezeigt, was später von Boussingault bestätigt worden ist, dass der in den Tropenländern so regelmässige Gang der täglichen Oscillationen des Barometers vor und nach den Erdstössen gar keiner Störung unterliegt. Was aber die Ansicht betrifft, dass die Erdbeben nicht selten von einem sehr niedrigen Barometerstande begleitet oder verkündigt werden, so scheinen zwar, ausser manchen einzeln stehenden Angaben, auch einige genauere Vergleichungen von Beobachtungsreihen dafür zu sprechen. Dagegen lassen sich aber andere, eben so genaue Beobachtungsreihen anführen, welche nichts weniger als eine solche Coincidenz bestätigen, weshalb dieselbe noch keinesweges als erwiesen betrachtet werden kann.

So hat Egen die, vor und während des (von Soest bis Dünkirchen reichenden) Erdbebens in den Niederlanden am 23. Februar 1828, in Paris und in Soest beobachteten Barometerstände genau verglichen und gefunden, dass das Barometer an beiden Orten schon 6 Tage vor dem Erdbeben zu sinken begann, auch noch vorher seinen tiefsten Stand erreichte, aber während des Erdbebens schon wieder im Steigen begriffen war***). Vom 21. auf den 22. März desselben Jahres wiederholte sich das Erdbeben in den Niederlanden,

*) Kosmos, I, S. 443.

**) *Voyages of the Adventure and Beagle, III, p.* 433. Von dem allerdings sehr merkwürdigen Einflusse der Jahreszeiten wird in §. 67 die Rede sein.

***) Poggendorffs Annalen, Bd. 13, S. 153 ff.

und merkwürdiger Weise erreichte kurz vorher das Barometer in Soest abermals einen tiefsten Stand.

Merian stellte einen Vergleich der Barometerstände an, welche bei 22, seit dem Jahre 1755 in Basel verspürten Erdbeben Statt gefunden haben, und er fand, dass bei 9 von diesen Erdbeben, welche sich über grössere Landstriche verbreiteten, kein besonders merkwürdiger Barometerstand nachzuweisen ist, während von den 13 übrigen, mehr localen Erdbeben 8 mit einem auffallend niedrigen Barometerstande zusammenfielen. Eine ähnliche Vergleichung führte er für die seit 1826 bis 1838 in der ganzen Schweiz beobachteten 36 Erdbeben durch, und gelangte auf das Ergebniss, dass 6 allgemeinere Erdbeben von keinem ungewöhnlichen Barometerstande begleitet waren, wogegen von den 30 mehr localen Erdbeben 10 (also doch nur der dritte Theil) durch niedrigen Barometerstand ausgezeichnet waren. Merian findet es hiernach wahrscheinlich, dass wenigstens für die localen Erdbeben ein Zusammenhang mit einem auffallend geringen Luftdrucke anzunehmen sein dürfte*).

Diesen Resultaten von Egen und Merian lassen sich jedoch andere entgegen stellen, welche die Gesetzmässigkeit eines jeden solchen Zusammenhanges gänzlich zweifelhaft erscheinen lassen. So hat Vasalli-Eandi, während der Erdbeben in der Grafschaft Pinerolo in Piemont vom 2. April bis 17. Mai 1808, zahlreiche Beobachtungen angestellt, und niemals irgend eine Abhängigkeit des Barometerstandes von dem unterirdischen Ereignisse bemerkt. Hoffmann hat in Palermo, unter Zugrundlegung der dortigen sehr genauen meteorologischen Journale, eine Vergleichung der Barometerstände während der 57 Erdbeben durchgeführt, die in einem Zeitraume von 40 Jahren vorgekommen waren; dabei ergab sich der Barometerstand

auf einem Minimum,	in 7	Fällen
auf einem Maximum,	- 3	-
im Sinken begriffen,	- 20	-
im Steigen begriffen,	- 16	-
unbestimmt schwankend,	- 11	-

Also fand nur bei dem achten Theile aller Erdbeben ein wirkliches Minimum, und bei dem dritten Theile derselben ein Fallen des Barometerstandes Statt, welches letztere Verhältniss aber Hoffmann ebensowohl für zufällig als für wesentlich zu halten geneigt ist. Eine Vergleichung der beobachteten Barometerstände mit den mittleren Ständen der betreffenden Monate lehrte aber, dass das Barometer in 31 Fällen über, in 24 Fällen unter dem monatlichen Mittel stand, in 2 Fällen aber gerade den mittleren Stand erreicht hatte. Eine Vergleichung mit den jährlichen Mitteln ergab endlich für 32 Fälle einen höheren, für 25 Fälle einen tieferen Barometerstand als das Jahresmittel. Hoffmann folgert aus seiner Arbeit das Resultat, dass, abgesehen von der sehr unbedeutend vorwaltenden Neigung des Barometers zum sinkenden Zustande, bei den Erdbeben weder in dem relativen Stande desselben, noch

*) Merian, Ueber den Zusammenhang der Erdbeben mit atmosphärischen Erscheinungen; im Auszuge im Neuen Jahrbuch für Min. u. s. w., 1839, S. 581 ff.

in der Grösse seiner Schwankungen etwas Eigenthümliches oder Ausserordentliches Statt finde*).

§. 67. *Abhängigkeit der Erdbeben von den Jahreszeiten.*

Dass die Erdbeben an keine bestimmte Tageszeit und eben so wenig an bestimmte Monate oder an gewisse Mondphasen**) gebunden sind, darüber ist man wohl allgemein einverstanden; auch hat bereits Kries in seiner Preisschrift von den Ursachen der Erdbeben diese Unabhängigkeit derselben von allen kleineren Zeitabschnitten hervorgehoben, welche ja schon dadurch hinlänglich erwiesen wird, dass manche Erdbeben durch mehrmonatliche, ja durch jahrelange Perioden ihre Wirkungen mehr oder weniger unausgesetzt offenbart haben.

Dieser letztere Umstand scheint nun freilich auch jeden Zusammenhang der Erdbeben mit den Jahreszeiten auszuschliessen. Desungeachtet aber ist es ein sehr alter Glaube, dass gewisse Jahreszeiten vorzugsweise durch das häufigere Eintreten von Erdbeben ausgezeichnet sind; und wenn sich auch dieser Glaube in verschiedenen Gegenden auf sehr verschiedene Jahreszeiten bezogen hat, so scheint ihm doch selbst nach den neuesten Untersuchungen eine gewisse Wahrheit nicht gänzlich abgesprochen werden zu können.

Bei den alten Römern mag eine Zeit lang die Meinung gegolten haben, dass im Sommer häufiger Erdbeben Statt finden, als im Winter; denn Seneca erwähnt es als etwas Besonderes, dass ein Erdbeben, welches zu seiner Zeit Campanien verwüstete, im Winter eingetreten sei***). Dagegen war schon Aristoteles der Ansicht, dass die Erde im Frühling und Herbst öfters erschüttert werde, als im Sommer und Winter; eine Ansicht, welcher wir auch in neuerer Zeit häufig begegnen. Denn nach Humboldt werden in mehren Gegenden Südamerikas besonders die Regenzeit oder auch die Zeiten um die Aequinoctien wegen der Erdbeben gefürchtet; dasselbe ist auf den Molukken und Antillen der Fall; und auf Sicilien glaubt man gleichfalls an eine solche Bedeutung der Aequinoctial-Perioden. Auch bemerkt Capitain Smyth, dass 13 der bedeutendsten Erdbeben Siciliens in der Zeit zwischen dem 10. Januar und 28. März Statt fanden, und Hoffmann findet, dass von 57 Erdbeben, welche in den Jahren 1792 bis 1831 zu Palermo vorkamen, 13 auf den Monat

*) Hoffmann, Hinterlassene Werke, II, S. 372 ff.

**) Doch hat R. Edmonds noch neuerdings auf merkwürdige Beziehungen zwischen den Mondphasen und den Erdbeben aufmerksam gemacht, welche einen gewissen Einfluss des Mondes wahrscheinlich erscheinen lassen.

***) *Natural. Quaest. lib. VI, cap. I*, wo er, von den Zerstörungen dieses Erdbebens redend, hinzufügt: *et quidem diebus hibernis, quos vacare a tali periculo majores nostri solebant promittere.*

März, und 22 auf das Trimester vom Februar bis April fielen. Dagegen erwähnt es Cotte als eine Bemerkung von Bertrand, dass die Erdbeben häufiger im Winter als im Sommer eintreten.

Obgleich nun dieser Mangel hinreichender Uebereinstimmung von Kries als ein Beweis angesehen wird, dass wohl eigentlich keine Jahreszeit vor der anderen einen entschiedenen Vorzug habe, so ist es doch durch später ausgeführte vergleichende Zusammenstellungen fast als erwiesen anzusehen, dass wenigstens in Europa und den zunächst angränzenden Ländern der Herbst und der Winter als diejenigen beiden Jahreszeiten gelten müssen, welche die häufigsten Erderschütterungen aufzuweisen haben. Dieses Resultat folgte schon aus den Zusammenstellungen, welche v. Hoff und Peter Merian mitgetheilt haben, ist aber neuerdings durch die äusserst umfänglichen Combinationen von Alexis Perrey auf eine solche Weise bestätigt worden, dass die in ihm hervortretende Thatsache kaum noch bezweifelt werden kann, wenn man sich auch vergebens nach einer genügenden Erklärung derselben umsieht, welche vielleicht mehr in kosmischen als in meteorischen Verhältnissen zu suchen sein dürfte*). Uebrigens müssten wohl eigentlich bei allen dergleichen Zusammenstellungen, die wirklich vulcanischen Erdbeben von den plutonischen Erdbeben gesondert werden, so dass die in der Nachbarschaft thätiger Vulcane liegenden Gegenden nicht ohne Weiteres mit anderen Gegenden zusammengefasst werden dürfen; eine Regel, welche z. B. von Perrey bei der Zusammenstellung der Scandinavischen Erdbeben unbeachtet geblieben ist, indem er mit denen der eigentlichen Halbinsel Scandinavien auch die der Insel Island vereinigte.

Vertheilen wir die von v. Hoff, für den zehnjährigen Zeitraum von 1821 bis 1830, in dem nördlich von den Alpen gelegenen Theile Europas aufgezeichneten 115 Erdbeben **) nach den meteorologischen Jahreszeiten, so erhalten wir

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Zahl der Erdbeben	43	17	21	34

*) Sollte nicht die winterliche Stellung der Erde im Perihelium einen Einfluss ausüben? Wenigstens kann der Temperatur-Unterschied der Jahreszeiten die Sache nicht erklären. Sehr richtig sagt in dieser Hinsicht *d'Archiac: S'il y a réellement quelque rapport entre la fréquence des phénomènes et certaines saisons, on ne peut pas dire cependant que l'on ait encore trouvé l'influence ou la condition météorologique, avec laquelle les tremblements de terre sont en relation constante; et l'esprit même se refuse jusqu' à un certain point à chercher dans les causes atmosphériques l'origine des secousses du sol. Histoire des progrès de la Géologie, I, p.* 611.

**) Poggendorffs Annalen, Bd. 34, S. 104 f.

also für Herbst und Winter 77, für Frühling und Sommer 38 Erdbeben, oder für die kalte Jahreszeit doppelt so viele Erdbeben, wie für die warme Jahreszeit.

Merian hat nach demselben Principe alle in Basel bis zum Ende des Jahres 1836 beobachteten Erdbeben zusammengestellt, und findet

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
Zahl der Erdbeben	41	22	18	39

oder für den Herbst und Winter 80, für den Frühling und Sommer 40 Erdbeben, also dasselbe Verhältniss wie vorher.

Die bedeutendsten Zusammenstellungen der Art verdankt man dem unermüdlichen Eifer von Perrey in Dijon, welcher diesen Gegenstand mit besonderer Vorliebe verfolgt hat, indem er nicht nur für einzelne Landstriche Europas, sondern auch für Europa überhaupt und die zunächst anliegenden Theile Afrikas und Asias die bekannt gewordenen Erdbeben nach den Monaten und Jahreszeiten gruppirte, und dadurch zu Resultaten gelangte, durch welche v. Hoff's und Merian's Folgerungen im Allgemeinen auf eine merkwürdige Weise bestätigt werden. Dabei scheint er jedoch durchgängig die Jahreszeiten nicht meteorologisch, sondern kalendarisch zu Grunde gelegt zu haben, so dass er z. B. den Winter aus den Monaten Januar, Februar und März bestehen lässt, u. s. w., daher denn auch die Zahlenverhältnisse etwas anders ausfallen, wenn man die meteorologischen Jahreszeiten zu Grunde legt, ohne dass jedoch das Resultat in der Hauptsache verändert wird. So hat Perrey 182 vom 16. bis 19. Jahrhundert im Bassin des Rhônethals, 529 vom 9. Jahrhundert bis zum Jahre 1844 im Rhein- und Maasbassin, 270 vom 5. Jahrhundert bis 1844 im Donaubassin, 1020 vom 4. bis 19. Jahrhundert in Italien und Savoyen, und 656 vom 4. Jahrhundert bis zum Jahre 1843 in Frankreich, Belgien und Holland beobachtete Erdbeben zusammengestellt, und die aus folgender Tabelle ersichtliche Vertheilung derselben auf die Jahreszeiten erhalten:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Herbst und Winter	Frühling und Sommer
Rhônebassin	62	32	35	53	115	67
Rhein- und Maasbassin .	160	103	101	165	325	204
Donaubassin	76	60	67	67	143	127
Italien und Savoyen . .	307	259	206	248	555	465
Frankr., Belg. u. Holland	200	133	137	186	386	270

Diese Zahlen lassen es nicht verkennen, dass in der That während des Herbstes und Winters die Erdbeben häufiger vorkommen, als während des Frühlings und Sommers, und dass namentlich der Winter selbst als diejenige Jahreszeit zu betrachten ist, welche die grösste Anzahl von Erdbeben aufzuweisen hat. Dasselbe Resultat folgt aus den allgemeineren von Perrey gegebenen Zusammenstellungen. So hat er z. B. das eine Mal 2979 in Europa und den zunächst gelegenen Theilen Afrikas und Asias, seit dem Jahre 306 bis zum Jahre 1844 bemerkte Erdbeben, das andere Mal aber, weil die neuesten

Beobachtungen die sichersten sind, die in denselben Gegenden von 1801 bis zum Juni 1843 beobachteten 914 Erdbeben nach den Monaten gruppirt, und folgende Vertheilung gefunden:

	von 306 bis 1844	von 1801 bis 1843
Januar	336	99
Februar	275	100
März	265	92
April	235	59
Mai	210	55
Juni	201	55
Juli	216	74
August	236	78
September	221	72
October	252	92
November	232	60
December	300	78

Diess giebt folgende Vertheilung nach den Jahreszeiten:

	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Herbst und Winter	Frühling und Sommer
von 306 bis 1844 . .	876	646	673	784	1660	1319
von 1801 bis 1843 . .	291	169	224	230	521	393

Hiernach würde sich für die Menge der Erdbeben einestheils im Herbst und Winter, und anderntheils im Frühling und Sommer ungefähr das Verhältniss von 4 : 3 herausstellen, welches zwar kleiner ist, als es von Merian gefunden wurde, desungeachtet aber der kälteren Jahreszeit ein unbestreitbares Uebergewicht vindicirt. Legen wir die meteorologischen Jahreszeiten zu Grunde, so vertheilen sich die 2979 Erdbeben folgendermaassen:

Winter	Frühling	Sommer	Herbst
911	710	653	705

wonach das Maximum auf die kälteste, das Minimum auf die wärmste Jahreszeit, und zwei fast gleiche Media auf die übrigen Jahreszeiten fallen.

Uebrigens lassen einzelne Jahre und eben so gewisse Gegenden Ausnahmen von der allgemeinen Regel erkennen. So vertheilen sich z. B. die 50 Erdbeben, welche in Europa während des Jahres 1845 vorgekommen sind, fast gleichmässig auf die vier Jahreszeiten*). Eben so hat Hoffmann gezeigt, dass von den 57, vom Jahre 1792 bis 1831 zu Palermo beobachteten Erdbeben 13 in den Monat März, und die wenigsten in die beiden Monate December und Mai fallen. Auf den Antillen und in den Pyrenäen aber haben nach Perrey die meisten Erdbeben nicht im Winter, sondern dort im Herbst und hier im Sommer Statt gefunden.

*) *Perrey* in *Comptes rendus*, *t.* 22, 1846, *p.* 644.

§. 68. *Dauer, Repetition, angebliche Periodicität und Synchronismus der Erdbeben.*

Die Dauer der bei einem und demselben Erdbeben rasch hinter einander und ohne längere Zwischenzeiten Statt findenden Erschütterungen ist sehr verschieden, beträgt aber gewöhnlich einige Secunden bis einige Minuten. Manche sehr heftige und zerstörende Erdbeben haben ihre Wirkungen in Zeit von wenigen Secunden absolvirt, und, wenn sich auch die Bewegungen noch einige Minuten fortsetzten, so waren doch gewöhnlich die verheerendsten Stösse, welche ganze Städte in Trümmerhaufen verwandelten und Tausenden von Menschen das Leben kosteten, das Werk eines Augenblicks.

So verhielt es sich bei dem Erdbeben auf Sicilien im Jahre 1693, welches, ohne von einem Ausbruche des Aetna begleitet zu sein, die Stadt Catania und 49 andere Ortschaften fast von Grund aus zerstörte und 60000 Menschen tödtete. Das Erdbeben, welches am 26. März 1812 Caracas zerstörte, begann nach Humboldt mit einem 5 bis 6 Secunden dauernden Stosse, der die Glocken bewegte; gleich darauf erfolgte der zweite Stoss, welcher doppelt so lange anhielt, und den Boden in eine wallende Bewegung versetzte; endlich trat ein senkrechter Stoss von 3 bis 4 Secunden ein, dem eine etwas längere undulatorische Bewegung folgte, worauf die schöne Stadt zu einem Haufen von Trümmern und Leichen zusammenstürzte. In Calabrien waren es am 5. Februar 1783 nach Dolomieu etwa 2 Minuten, während welcher rings um die Stadt Oppido in einem Umkreise von 5½ Meilen Alles von Grund aus zerstört wurde. Das Erdbeben von Jamaica im Jahre 1692 vollendete seine furchtbaren Wirkungen in Zeit von 3 Minuten, und bei dem Erdbeben von Lissabon dauerte zwar die ganze Hauptbewegung 5 Minuten, allein der erste Stoss, welcher die Kirchen und andere grosse Gebäude niederwarf, hielt nur 5 bis 6 Secunden an; ihm folgten nach wenigen Minuten blitzschnell zwei andere Stösse, durch welche die Zerstörung vollendet wurde. Das Erdbeben, welches am 11. Januar 1839 die Insel Martinique und die ganze Kette der kleinen Antillen erschütterte, bestand nach Moreau de Jonnès aus zwei sehr heftigen Stössen, welche in 30 Secunden absolvirt waren, und die Katastrophe, welche am 8. Februar 1843 die Insel Guadeloupe betraf, dauerte nach Deville anderthalb Minuten, wobei die Bewegungen zwei Mal hintereinander, erst schwach, dann immer stärker empfunden wurden.

Sehr viele Erdbeben waren jedoch keineswegs auf einen einzigen heftigen Paroxysmus beschränkt, indem sich ihre Bewegungen nicht innerhalb eines kürzeren Zeitraums absolvirten, sondern längere Zeitperioden hindurch wiederholten. Diese Repetition der Erdbeben findet bald mit längeren bald mit kürzeren Pausen Statt, kann sich aber Monate und selbst Jahre lang fortsetzen, und hat zuweilen ausserordentlich grosse Landstriche betroffen. Hoffmann bemerkt, dass wohl alle bedeutendere Erdbeben eine solche längere Fortdauer gehabt haben, indem

sich ihre Zuckungen mehr oder weniger häufig, theils in allmälig abnehmender, theils in abwechselnd gesteigerter und verminderter Heftigkeit wiederholten; und Humboldt hebt es hervor, dass ihm solche Erdbeben, bei welchen der Boden monatelang fast zu jeder Stunde erschüttert wurde, nur aus Gegenden bekannt sind, die fern von allen Vulcanen liegen*).

Weil es übrigens nicht etwa blos lange fortgesetzte Nachschwingungen der ersten Erschütterung, sondern immer neue und oft verstärkte Erschütterungen sind, welche sich in dem ganzen Phänomene der Repetition der Erdbeben kund geben, so liefert diese merkwürdige Erscheinung einen Beweis, dass jener Conflict zwischen dem Erdinnern und der Erdkruste, als dessen Wirkung die Erdbeben hervortreten, oft lange Zeit vergeblich auf eine Ausgleichung der widerstreitenden Potenzen hingearbeitet hat, und dass der einmal eingeleitete Kampf zuweilen jahrelang fortgesetzt werden musste, bevor das Gleichgewicht wieder völlig hergestellt werden konnte. Da nun die Bedingungen zur Erhaltung und Herstellung dieses Gleichgewichtes ganz besonders in den Vulcanen, in diesen Sicherheitsventilen der Erdkruste, gegeben sein dürften, so ist es einigermaassen begreiflich, warum die lange und fast ununterbrochen fortgesetzten Erdbeben vorzüglich in solchen Gegenden beobachtet werden, in welchen es gar keine thätigen Vulcane giebt**). Die so vielfache Wiederholung einer succussorischen und undulatorischen Bewegung grösserer Theile der Erdkruste beweist aber auch, dass diese Kruste, ungeachtet ihrer bedeutenden Dicke, doch noch einen gewissen Grad von Elasticität besitzen muss.

Wir wollen nur einige Beispiele von solchen lange fortdauernden Erdbeben anführen. — Das Erdbeben in der Grafschaft Pinerolo in Savoyen im Jahre 1808 hielt unter zum Theil verheerenden Wirkungen fast 7 Wochen lang, vom 2. April bis 17. Mai an, und in Constantinopel bebte die Erde, nach der Katastrophe vom 14. Sept. 1510, während 45 Tagen, beinahe unaufhörlich. — Im Jahre 1827 sind nach Keilhau auf der Insel Luuröe bei Norwegen vom März bis November immer wiederkehrende Erschütterungen verspürt worden***); im Jahre 1663 aber wurde ein grosser Landstrich in Canada, vom 5. Februar bis in den Monat August, von heftigen Erdbeben bewegt, welche sich alltäglich mehre Mal wiederholten, und auch später noch in schwächeren Stössen über 6 Monate lang fühlbar machten. — Nach P. Me-

*) Kosmos, I, S. 218.

**) Doch sind auch Beispiele aus vulcanischen Gegenden bekannt; was übrigens sehr erklärlich ist, da die vulcanischen Eruptionen oft viele Jahre lang vorbereitet werden, und die Natur oft erst nach langer Zeit die Hindernisse zu besiegen vermag, welche der Eruption entgegen stehen.

***) *Bull. de la soc. géol., t. VII*, 1835, *p.* 18.

rian wurde die Umgegend von Basel, welche überhaupt auf der Nordseite der Alpen ein oft bewegter Landstrich ist, am 18. October 1356 von einem Erdbeben heimgesucht, durch welches die Stadt, etwa so wie Lissabon im Jahre 1755, völlig in einen Trümmerhaufen verwandelt wurde; die dem ersten Stosse folgenden Erschütterungen setzten sich ein ganzes Jahr lang fort, so dass während dieser Zeit in einem Umkreise von 4 Meilen um Basel noch eine Menge Burgen und Schlösser zerstört wurden. — Die Stadt Caracas wurde vom 21. October 1766 bis zu Ende des Jahres 1767 fast unaufhörlich erschüttert. — Nach dem zerstörenden Erdbeben, welches Chile am 19. Nov. 1822 betraf, setzten sich die Erschütterungen bis zum Ende des September 1823 fort, zu welcher Zeit noch bisweilen zwei bis drei Stösse im Laufe von 24 Stunden gefühlt wurden. — Das furchtbare Erdbeben, welches am 21. October 1766 Cumana zerstörte, hat nach Humboldt fast 14 Monate lang fortgewährt; anfangs wiederholten sich die Stösse beinahe stündlich, und die Bewohner wagten es nicht eher, zu dem Wiederaufbau ihrer Häuser zu schreiten, als bis später die Erschütterungen nur noch von Monat zu Monat verspürt wurden. — Die Erdbeben, welche einen grossen Landstrich Nordamerikas am Mississippi, Arkansas und Ohio zu Ende des Jahres 1811 erschütterten, hielten zwei volle Jahre an, und traten in der Gegend zwischen Neu-Madrid und Little-Prärie fast von Stunde zu Stunde ein. — Nachdem Messina zu Anfange des grossen Erdbebens von Calabrien am 7. Februar 1783 zerstört worden war, wiederholten sich die Erschütterungen anfangs fast täglich, dann aber in grösseren Pausen noch mehre Jahre lang, so dass Spallanzani bei seiner Anwesenheit im Jahre 1788 nicht selten einzelne Stösse empfand, und noch am 10. Mai 1792 in 24 Stunden 30 Erdstösse gezählt wurden. In Calabrien selbst fanden zu Monteleone im Jahre 1783 nicht weniger als 949 Stösse Statt, von denen 98 sehr heftig waren; eine gänzliche Beruhigung des Erdbodens trat erst nach 4 Jahren ein.

In manchen Gegenden, welche öfters von Erdbeben befallen werden, hat sich der Glaube ausgebildet, dass sie allemal nach einer bestimmten Reihe von Jahren wiederkehren, dass also diese plutonischen Bewegungen der Erdkruste einer gewissen Periodicität unterworfen seien. So berichtet Bayfield, dass sich in Canada, an den Ufern des St. Lorenzstromes unterhalb Quebek, wo Erderschütterungen ziemlich häufig vorkommen, bei den Bewohnern die Meinung findet, dass alle 25 Jahre ein starkes Erdbeben von vierzigtägiger Dauer eintrete. Die Stadt Copiapo in Chile ist in den Jahren 1773, 1796 und 1819 von Erdbeben verheert worden, woraus man gleichfalls schliessen wollte, dass sie daselbst regelmässig in Perioden von 23 Jahren wiederkehren. Allein es lassen sich durchaus gar keine Gründe für die Möglichkeit einer solchen Periodicität denken, und die angeführten Fälle können wohl eben so nur als Beispiele einer zufällig nach gleichen Zeitfristen eingetretenen Wiederkehr desselben Ereignisses betrachtet werden, wie es als ein bloser Zufall anzusehen ist, dass ähnliche Ereignisse bisweilen genau um ein Jahrhundert

aus einander liegen. So wurde z. B. Lima in Peru am 17. Juni 1578, und an demselben Tage 1678 von einem starken Erdbeben heimgesucht, und vom Cosiguina sind, ausser der grossen Eruption im Jahre 1834, nur noch zwei bekannt, von denen die eine im Jahre 1709, die andere im Jahre 1809 Statt fand.

Weit mehr Beachtung als diese angebliche Periodicität dürfte der Synchronismus verdienen, welcher bisweilen zwischen den Erdbeben von weit aus einander liegenden Gegenden Statt gefunden hat. Eines der auffallendsten Beispiele lieferte der 16. November des Jahres 1827, an welchem in Columbien, in dem Striche von Pasto bis Santa-Fé-di-Bogota ein heftiges und weit verbreitetes Erdbeben wüthete, während gleichzeitig die Gegend von Ochotsk in Sibirien von einem starken Erdbeben erschüttert wurde. Diese Gleichzeitigkeit beider Ereignisse ist nach v. Hoff höchst merkwürdig, weil die genannten Gegenden 1900 Meilen weit von einander liegen, und weil die Richtung der Erdstösse in Columbien von SO. nach NW., also ungefähr nach Kamtschatka hin gewendet war*). Zu Saint-Jean-de-Maurienne in Savoyen fanden vom 19. December 1838 bis zum 8. März 1840, und eben so zu Comrie in Schottland während desselben Zeitraums wiederholte Erderschütterungen Statt, welche jedoch keinesweges an beiden Orten gleichzeitig empfunden worden sind, daher auch Milne der Ansicht ist, dass zwischen beiden Phänomenen kein Zusammenhang anzunehmen sein dürfte. Allein aus diesen und anderen von Milne verglichenen Erscheinungen lässt sich wohl nicht die allgemeine Folgerung ziehen, dass der Synchronismus von Erdbeben in verschiedenen Gegenden eine durchaus zufällige Erscheinung sei. Denn schon die Verbreitung so vieler Erdbeben über sehr grosse Räume, und die nicht selten beobachtete zeitliche Coincidenz vulcanischer Eruptionen mit den Erschütterungen weit entfernter Gegenden lassen es wohl gar nicht bezweifeln, dass in den Tiefen unseres Planeten eine Communication und ein ursachlicher Zusammenhang zwischen plutonischen Ereignissen Statt finden kann, deren an der Oberfläche hervortretende Wirkungen durch grosse Räume von einander geschieden sind.

Ein solcher Zusammenhang wird auch durch die Reciprocität oder periodische Alternation dargethan, welche zwischen den Erdbeben verschiedener Gegenden insofern wahrgenommen worden ist, als die eine Gegend ruhig bleibt, während die andere bewegt wird, und umgekehrt. Dieses Verhältniss scheint z. B. nach v. Hoff zwischen dem südlichen Italien und Syrien Statt zu finden**). Vom Anfange des 13. bis zur zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts

*) Poggend. Annalen, Bd. 21, S. 210 f.

**) Geschichte der natürl. Veränd. der Erdoberfl., II, 138.

waren Syrien und Palästina fast gänzlich befreit von Erdbeben, während der griechische Archipelagus und die anliegenden Küsten Kleinasiens, so wie Süditalien und Sicilien sehr viele Erderschütterungen auszustehen hatten, auch in den letzteren Gegenden vulcanische Eruptionen ungewöhnlich häufig eintraten. Eine fernere Vergleichung der Geschichte der unterirdischen Bewegungen beider Gegenden scheint auch in der That die Ansicht zu bestätigen, dass niemals beide zugleich von einem sehr starken Erdbeben ergriffen worden sind. Ganz analog ist die bei gewissen, einander nahe liegenden Vulcanen beobachtete Erscheinung, dass der eine allemal ruhig ist, während sich der andere im Zustande der Aufregung befindet, und *vice versa**).

§. 69. *Verschiedene Propagationsformen der Erdbeben.*

Nachdem wir uns in den beiden vorhergehenden Paragraphen mit den zeitlichen Verhältnissen der Erdbeben beschäftigt haben, so wenden wir uns jetzt wieder zur Betrachtung einiger ihrer räumlichen Verhältnisse. Dahin gehören besonders die verschiedenen Propagationsformen und Propagationsgrössen derselben. Da sich die Erdbeben oft über sehr grosse Landstriche verbreiten, so entsteht uns zunächst die Frage, nach welchen Gesetzen eine solche Verbreitung derselben Statt findet, oder welchen allgemeinen Formen die Propagation der Erdbebenwellen unterworfen ist. Die geographische Combination der bei ausgedehnteren Erdbeben gleichzeitig oder successiv erschütterten Puncte hat nun besonders auf die Erkennung zweier dergleichen Propagationsformen geführt, welche man die radiale und die longitudinale nennen kann, und welchen zufolge die Erdbeben selbst als centrale und lineare Erdbeben unterschieden werden**).

Bei den centralen Erdbeben geht die Erschütterung von einem Puncte oder von einem kleineren arrondirten Districte aus, und verbreitet sich von solchem nach allen Seiten hin in radialen Richtungen, so dass sich die Form und der Gang der Erdbebenwellen etwa mit denen der Wellen vergleichen lässt, welche auf der Oberfläche eines stehenden Wassers durch einen hinein geworfenen Stein verursacht werden. Der erschütterte Landstrich ist ungefähr innerhalb einer kreisförmigen oder elliptischen Linie enthalten, und v. Hoff bezeichnete daher sehr treffend das von einem solchen Erdbeben betroffene Areal mit dem Namen des Erschütterungskreises. Die Wirkung solcher centralen Erdbeben

*) Dass z. B. ein solches Verhältniss zwischen dem Aetna und Vesuv Statt findet, folgt, wie v. Hoff a. a. O. S. 262 f. gezeigt hat, aus der synchronistischen Uebersicht ihrer beiderseitigen Ausbrüche.

**) Hoffmann, Hinterlassene Werke, II, S. 316 ff.; Humboldt, Central-Asien, I, 425 und Kosmos, I, 210.

pflegt im Mittelpuncte des Erschütterungskreises am stärksten zu sein, und von dort aus nach den Gränzen desselben allmälig abzunehmen, kann aber durch Gebirgsketten oder andere, innerhalb des Erschütterungskreises auftretende geotektonische Verhältnisse nach gewissen Richtungen mehr oder weniger geschwächt werden, so dass sich die Erschütterungen nur in einem Theile des ganzen Kreises besonders fühlbar machen.

Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel lieferte nach Hamilton das grosse Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783. Der Mittelpunct desselben lag in der Gegend der Stadt Oppido, welche durch heftige successorische Bewegungen von Grund aus zerstört wurde; von da aus erstreckten sich die Zerstörungen zunächst noch mit furchtbarer Stärke über einen Umkreis von 5½ geogr. Meilen Halbmesser, so dass fast alle innerhalb dieses Umkreises liegende Städte und Dörfer umgestürzt wurden, und die Verheerung in Calabrien selbst bis Mileto und Reggio, auf Sicilien bis Messina reichte; doch äusserten sich die Wirkungen dieser schrecklichen Katastrophe nur auf der Westseite der, diesen Theil von Calabrien durchziehenden Granitkette, welche daher auf die Fortpflanzung der Bewegung einen hemmenden Einfluss ausgeübt haben muss, so dass die östlichen, auf der Seite des Ionischen Meeres gelegenen Gegenden nur in geringem Grade erschüttert wurden. Die Bewegungen haben daher eigentlich nur in der einen Hälfte des um Oppido gezogenen Kreises Statt gefunden, weil jene Granitkette nicht sehr weit von dieser Stadt vorbeizieht. Sie haben sich übrigens mit geringerer Heftigkeit noch viel weiter verbreitet, so dass die äusseren Gränzen des Erschütterungskreises durch einen Halbmesser von 18 geogr. Meilen bestimmt werden, und die Erschütterungen in Calabrien bis nach Cetraro, auf den meisten Liparischen Inseln, und auf Sicilien bis nach Patti verspürt wurden. Auf den Liparischen Inseln fühlte man sehr deutlich, wie die Stösse von Osten aus der Gegend von Oppido kamen, und auch auf Sicilien ist die Fortpflanzung des Erdbebens von diesem Mittelpuncte aus bestimmt erkannt worden *).

Auch das Erdbeben von Lissabon am 1. Nov. 1755 scheint den Charakter eines centralen Erdbebens gehabt zu haben; denn die Zerstörungen concentrirten sich mit ganz besonderer Heftigkeit auf die Stadt und ihre Umgegend; und in Colares, an der Mündung des Tajo, bemerkte man sehr deutlich, dass die Stösse in der Richtung von Lissabon herkamen, auf Madeira empfand man sie von Norden her, und in England wurde zuerst die Südküste erschüttert.

Ein ausgezeichnet centrales Erdbeben war dasjenige, welches am 29. Juli 1846 die Rheinlande erschütterte, und von Nöggerath nach allen seinen Verhältnissen sehr gründlich erforscht und dargestellt worden ist **). Auch bei

*) Als man in Messina das unterirdische Getöse vernahm, sah man das gegenüberliegende Calabrien in Staub gehüllt, und die Häuser an der Küste Siciliens stürzten nach einander ein, bis endlich auch die Paläste Messinas zusammenbrachen.

**) Das Erdbeben vom 29. Juli 1846 im Rhein-Gebiete und den benachbarten Ländern u. s. w., Bonn, 1847. Auszug daraus im Neuen Jahrbuch für Min., 1847, S. 743 ff.

ihm ist, wie bei dem von Calabrien, ein kleinerer, innerer, und ein grösserer Erschütterungskreis zu unterscheiden. Der Mittelpunct des kleinen Kreises, in welchem die Wirkungen des Erdbebens am stärksten empfunden wurden, lag bei St. Goar, und sein Halbmesser betrug 6 geogr. Meilen. Der Mittelpunct des grösseren Kreises dagegen lag 4 Meilen weiter westlich, in der Gegend von Kochem, und der Halbmesser dieses Kreises erreichte 35 Meilen. — Auch das am 23. Februar 1828 in den Rhein- und Niederlanden vorgefallene Erdbeben lieferte nach den sorgfältigen Darstellungen von Egen und Nöggerath ein sehr schönes Beispiel von centralen Erdbeben; seine ersten und stärksten Wirkungen machten sich innerhalb einer von Ost nach West gestreckten, und von Maestricht bis Brüssel reichenden Ellipse fühlbar, von wo aus sie sich nach allen Richtungen weiter verbreiteten, so dass sie einerseits bis nach Soest in Westphalen, anderseits bis nach Dünkirchen verspürt wurden.

Eine sehr beachtenswerthe Erscheinung, durch welche eine Art von Uebergang aus den centralen in die linearen Erdbeben hergestellt wird, ist es, dass bisweilen bei denen in mehren Stössen wiederholten centralen Erdbeben der Mittelpunct des Erschütterungskreises allmälig nach einer bestimmten Richtung hin seine Stelle veränderte. Eine solche successive Translocation des Erschütterungs-Centrums ist z. B. nach Dolomieu bei dem grossen Erdbeben von Calabrien beobachtet worden, welches vom 5. Februar bis 28. März in wiederholten Stössen seine Wirkungen offenbarte, obwohl die Erschütterungen gerade an den genannten beiden Tagen den höchsten Grad der Stärke erreichten. Am 5. Februar gingen die Bewegungen, wie bereits erwähnt worden, von Oppido aus; die Stösse des 7. Februars hatten ihr Centrum bei Soriano, etwa 4 bis 5 Meilen nordöstlich von Oppido; am 28. März endlich hatte das Erdbeben seinen Sitz bei Girifalco, 5 bis 6 Meilen weiter nördlich. Alle drei Orte liegen aber fast genau in einer und derselben geraden Linie, welche dem Streichen der Gebirgskette Calabriens parallel ist. Da ähnliche Translocationen des Erschütterungs-Centrums wohl auch bei rasch auf einander folgenden Stössen vorkommen können, so wäre es möglich, dass die von Nöggerath bei dem Erdbeben in den Rheinlanden von 1846 nachgewiesenen zweierlei Mittelpuncte des kleineren und des grösseren Erschütterungskreises auf diese Weise zu erklären sind.

Bei den linearen oder longitudinalen Erdbeben gehen die Erschütterungen gleichfalls von einem Puncte oder einem kleineren Districte aus, pflanzen sich aber von dort aus nicht allseitig, sondern nur in einem einzigen Alignement, nach einer und derselben Richtung, innerhalb eines langen, aber verhältnissmässig schmalen Landstrichs fort. Die verschiedenen Puncte eines solchen Landstrichs werden also nicht gleichzeitig, sondern successiv bewegt, wie sie hinter einander liegen, und die

ganze Bewegung lässt sich ungefähr mit der Wellenbewegung eines schlaff gespannten Seiles vergleichen. Wie man nun die bewegten Landstriche bei den centralen Erdbeben Erschütterungs**kreise** genannt hat, so kann man sie bei den linearen Erdbeben Erschütterungs**zonen** nennen.

Diese linearen Erdbeben folgen gewöhnlich dem Fusse der Gebirgsketten, daher auch häufig dem Verlaufe der Meeresküsten, wenn die letzteren, wie diess in Südamerika vielorts der Fall ist, den nahen Gebirgsketten parallel streichen. So pflanzen sich die Erschütterungen z. B. in Chile und Peru hauptsächlich längs der Küste auf der Westseite der Anden, in Venezuela dagegen auf der Nordseite der dortigen Küstenkette fort. Seltner ist es vorgekommen, dass die linearen Erdbeben ihren Verlauf **quer** über grosse Gebirgsketten gehabt haben.

Bei dem Erdbeben, welches im Jahre 1746 Lima und Callao zertrümmerte, ging die Bewegung sehr deutlich von **dort aus**, und setzte sich längs der Küste gleichmässig nach Süden und Norden hin fort, daher sie von denen am Strande aufgestellten Wachtposten immer schwächer und später verspürt wurde, je weiter diese von Callao entfernt waren. Eben so sind dort bei dem Erdbeben von 1822 die von Norden nach Süden longitudinal fortschreitenden Undulationen des Bodens deutlich empfunden worden. Dasselbe wird mehrfach von den Erdbeben in Chile erwähnt, wogegen bei Cumana und Caracas in Venezuela die Richtung der linearen Erdbeben eine ostwestliche zu sein pflegt, wie solche durch die gleichnamige Richtung der dortigen Gebirgsketten bestimmt wird. — Ueber diese Abhängigkeit des Verlaufes der linearen Erdbeben von den grösseren Reliefformen der Erdoberfläche wird weiter unten noch mehr gesagt werden.

Ausser der radialen und longitudinalen Propagationsform der Erdbeben ist noch eine dritte Form zu berücksichtigen, welche man die **parallele** Propagationsform, sowie die ihr entsprechenden Erdbeben **transversale** Erdbeben nennen könnte. Bei diesen Erdbeben beginnen die Erschütterungen **gleichzeitig** längs einer Linie, und pflanzen sich dann in transversaler Richtung in lauter, mit der Ursprungslinie **parallelen** Linien fort. Die Bewegungen sind also ihrer Form nach mit dem parallelen aber geradlinigen Wellengange eines vom Winde bewegten Meeres zu vergleichen, indem **eine** parallele Zone nach der **andern** von dem Erdbeben ergriffen wird. Nennen wir die Mittellinie der zuerst erschütterten Zone die Erschütterungs**axe**, so werden alle Puncte, welche in einer und derselben **Parallele** der Erschütterungsaxe liegen, **gleichzeitig**, alle Puncte dagegen, welche in einer und derselben **Normale** der Axe liegen, **successiv** erschüttert. Diese Propagationsform ist bei einigen Erdbeben sehr bestimmt nachgewiesen worden, welche sich durch ein besonders grosses Erschütterungsgebiet auszeichneten.

Ein dergleichen parallel fortschreitendes Erdbeben scheint schon das grosse und lange dauernde Erdbeben gewesen zu sein, welches in den Jahren 1811 und 1812 die Gegenden am Mississippi, Ohio und Arkansas heimsuchte. Weit bestimmter ist aber diese Propagationsform für das ebenfalls sehr ausgedehnte Erdbeben nachgewiesen worden, welches am 4. Januar 1843 einen grossen Theil der Vereinigten Staaten von Natchez bis nach Iowa, und von Süd-Carolina bis an die westlichen Staatengränzen erschütterte. Die Gebrüder Rogers haben eine Zusammenstellung aller über dieses Erdbeben bekannt gewordenen Beobachtungen geliefert, und gezeigt*), dass die Axe der Erschütterung durch eine Linie bestimmt wurde, welche in der Richtung NNO. nach SSW., von Cincinnati über Nashville nach der westlichen Gränze von Alabama läuft, und dass sich die Bewegung von da aus in lauter parallelen Linien fortpflanzte, so dass die Erschütterung in einer jeden mit jener Axe parallelen Zone simultan, in den nach WNW. oder OSO. hinter einander liegenden Zonen aber successiv empfunden wurde. — Eben so ergiebt sich aus den Untersuchungen von Deville, dass das Erdbeben, welches am 8. Februar 1843 die Insel Guadeloupe verheerte, und seine Wirkungen bis nach Cayenne verspüren liess, einer parallelen Propagationsform unterworfen gewesen ist, deren Axe ungefähr von NW. nach SO. gerichtet war; was auch von Rogers bestätigt wird, welcher diese Axe von den Bermuden bis nach Cayenne laufen lässt, so dass das damalige Erdbeben der Antillen nur die auf der einen Seite dieser Axe Statt gefundenen Undulationen in sich begriffen hätte.

Noch wäre eigentlich etwas über die Geschwindigkeit der Propagation der Erdbebenwellen zu sagen, worüber jedoch bis jetzt nur wenige Untersuchungen angestellt worden sind. Nach Mitchell betrug die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Undulationen des grossen Erdbebens von Lissabon am 1. November 1755 fortpflanzten, 4½ geogr. Meilen in der Minute, oder 1650 Par. Fuss in der Secunde**). Julius Schmidt hat die von Nöggerath über das Rheinische Erdbeben von 1846 gesammelten Data dem Calcul unterworfen, und gefunden, dass die Geschwindigkeit seiner Fortpflanzung in der Minute 3,739 Meilen, also in der Secunde 1376 Par. Fuss betrug, mithin die des Schalles in der Luft um 357 F. übertraf, aber um 3000 Fuss hinter der Geschwindigkeit des Schalles im Wasser zurückblieb. Auch Itier hat den Versuch gemacht, die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Welle bei dem vorher erwähnten Erdbeben der Antillen zu berechnen, und findet dafür 1,850 Meter in der Secunde; doch scheint seiner Berechnung eine irrige Ansicht über die Propagationsrichtung, vielleicht auch eine nicht ganz richtige Zeitbestimmung zu Grunde zu liegen. Rogers, welcher die Geschwindigkeit dieses Erdbebens gleichfalls zu schätzen versuchte, erhielt das Resultat

*) *Silliman American Journal, vol.* 45, *p.* 341 ff.

**) *Philos. Trans., vol.* 51, 1760, *p.* 566.

von 5,856 Meilen in der Minute, oder 2180 Par. F. in der Secunde. Für das Erdbeben in den vereinigten Staaten berechnet Rogers die mittlere Geschwindigkeit auf der Westseite der Axe zu 1816, auf der Ostseite zu 2724 Par. F. in der Secunde.

Es lässt sich aber wohl überhaupt schon der Natur der Sache nach erwarten, dass die Geschwindigkeit der Propagation bei verschiedenen Erdbeben sowohl in derselben, als auch in verschiedenen Gegenden sehr verschieden ausfallen muss, da solche von der Stärke und Richtung der ursprünglichen Stösse, von der Dicke der Erdkruste, von den verschiedenen geotektonischen Verhältnissen (z. B. dem Gestein, der Structur, dem Verlaufe der Gebirgsketten) des erschütterten Districtes, und von manchen anderen noch ganz unbekannten Ursachen abhängig ist.

§. 70. *Propagationsgrösse oder Ausdehnung der Erdbeben.*

Es ist schon aus dem Vorhergehenden bei der gelegentlichen Erwähnung vieler Erdbeben zu ersehen, dass solche in sehr verschiedener Ausdehnung auftreten, und es wurde bereits oben in §. 62 bemerkt, dass selbst die plutonischen, von vulcanischen Eruptionen unabhängigen Erdbeben nach der Grösse ihrer Erschütterungsgebiete als locale und allgemeine Erdbeben unterschieden werden können.

Manche Erdbeben sind in der That auf sehr kleine Räume beschränkt, während andere eine so ausserordentliche Ausdehnung gewinnen, dass ihr Erschütterungsgebiet viele Tausende von Quadratmeilen umfasst, ja zuweilen über Räume hinausreicht, welche sich nur mit denen ganzer Erdtheile vergleichen lassen. Während nun die letzteren Erdbeben durch die erstaunliche Verbreitung der unterirdischen Bewegung einen unwiderleglichen Beweis dafür liefern, dass diesen plutonischen Convulsionen der Erdkruste eine sehr allgemein wirkende und in grosser Tiefe verborgene Ursache zu Grunde liegen müsse, so scheinen dagegen die beschränkteren Erdbeben solchen Beweis zu entkräften, oder wenigstens die Ansicht zu rechtfertigen, dass es wohl mehre verschiedene Ursachen der Erdbeben geben möge. Obgleich aber diese letztere Ansicht von sehr bedeutenden Auctoritäten geltend gemacht worden ist, so dürfte sie doch nicht als hinreichend gerechtfertigt erscheinen, sobald wir nämlich überhaupt unter Erdbeben im eigentlichen Sinne des Wortes nur die, wirklich durch abyssodynamische, also durch plutonische und vulcanische Kräfte verursachten Bewegungen der Erdkruste verstehen, und sie folglich von allen denjenigen Erschütterungen unterscheiden, welche ihnen zwar nach Er-

scheinung und Wirkungsart ganz ähnlich sein können, während sie doch in ganz anderen Ursachen begründet sind (§. 62).

Sehr viele locale Erdbeben sind gewiss eben sowohl als wirkliche plutonische Erschütterungen der Erdkruste zu betrachten, wie die grössten und ausgedehntesten Erdbeben, welche nur jemals vorgekommen sind; ihre beschränkte Ausdehnung, ihr localer Charakter dürfte lediglich daraus zu erklären sein, dass sie solche centrale Erdbeben waren, deren Stösse mit verhältnissmässig so geringer Kraft erfolgten, dass sie an der Oberfläche der Erde nur auf einem kleinen Raume empfunden wurden. Ja, die ursprüngliche Erschütterung an der Innenseite der Erdkruste kann bisweilen so schwach sein, dass sie sich an deren Aussenseite nur noch als ein blosses Schall-Phänomen zu erkennen giebt. Dass sich endlich viele vulcanische Erdbeben, deren nächste Ursache mehr innerhalb als unter der Erdkruste zu suchen sein dürfte, auf ungeheuere Distanzen als blose Schallwellen fortpflanzen, dafür sind in §. 48 mehre sehr auffallende Beispiele mitgetheilt worden.

Da in Bezug auf die Ausdehnung der Erdbeben, von den kleinsten localen, bis zu den grössten allgemeinen Ereignissen der Art alle mögliche Abstufungen vorkommen, die grösseren Erdbeben aber unser Interesse vorzugsweise in Anspruch nehmen, auch unsere Ansichten über das Wesen und die Ursache der ganzen Erscheinung besonders durch sie bestimmt werden müssen, so wird die Anführung einiger Beispiele von weit ausgedehnten Erdbeben hier nicht am unrechten Orte sein.

Die grössten linearen Erdbeben sind wohl an der Westküste Südamerikas vorgekommen, wo sich die Erschütterungen zuweilen in einer Längenausdehnung von mehren 100 Meilen fortgepflanzt haben. Auch an der Nordküste dieses Erdtheils sind die longitudinalen Erschütterungen nicht selten auf sehr grosse Längen empfunden worden.

Nach Humboldt haben die von Nord nach Süd, oder auch in entgegengesetzter Richtung fortlaufenden Erdbeben der Küsten von Chile und Peru häufig eine Ausdehnung von 600 Stunden gewonnen; das Erdbeben, welches die Küste von Chile am 19. November 1822 betraf, hat seine Wirkungen auf eine Länge von 260 geogr. Meilen ausgedehnt, und das Erdbeben in Venezuela vom 21. October 1766 reichte von der Insel Trinidad über Cumana und Caracas bis nach Maracaibo, also wenigstens 150 Meilen weit, erstreckte sich übrigens auch landeinwärts bis in die Gegenden am Orinoko. Das Erdbeben, welches am 11. Januar 1839 die Insel Martinique sehr heftig erschütterte, hat sich nach Moreau de Jonnès durch die ganze Kette der Antillen über 120 Meilen weit fortgepflanzt.

Die Erdbeben, welche Syrien so oft heimsuchen, haben sich bisweilen westwärts bis nach Italien und Spanien, ostwärts bis nach Persien und Indien

bemerkbar gemacht *); als aber am 1. Januar 1837 Jaffa, Tiberias und viele andere Orte zerstört wurden, da sind nach Moore die Erschütterungen in einer von Nord nach Süd ausgedehnten Zone von 110 Meilen Länge verspürt worden.

Eines der grössten centralen Erdbeben, über dessen Ausdehnung genauere Nachrichten bekannt sind, ist unstreitig dasjenige, durch welches am 1. November 1755 Lissabon zerstört wurde. Die Wirkungen desselben erstreckten sich nicht nur fast auf alle Theile von Europa und auf die nördlichen Gegenden von Afrika, sondern auch durch das Atlantische Meer bis nach den kleinen Antillen und den Küstenländern Nordamerikas, so dass der Erschütterungskreis dieses Erdbebens auf ungefähr 700,000 geographische Quadratmeilen, oder mehr als den dreizehnten Theil der ganzen Erdoberfläche veranschlagt werden kann **). Mit diesem Erdbeben von Lissabon dürfte sich in neuerer Zeit nur das Erdbeben von Valdivia am 7. Nov. 1837 vergleichen lassen, welches sich als Meeresbeben über einen sehr bedeutenden Theil des grossen Oceans verbreitete, und bis über die Schiffer-Inseln und die Sandwichs-Inseln erstreckte, so dass ein Flächenraum von 100 Längengraden und 40 Breitengraden in Erschütterung versetzt wurde.

Bei dem Erdbeben von Lissabon wurde zuvörderst die ganze Pyrenäische Halbinsel erschüttert, wobei die Erscheinungen namentlich in vielen Küstenstädten sehr auffallend waren, aber auch Madrid und andere im Binnenlande gelegene Orte hart mitgenommen wurden. In den Pyrenäen und im jenseitigen Frankreich fanden gleichfalls Bewegungen Statt. In den Alpen wurde besonders das Wallis heftig erschüttert, und auf der Südseite derselben erstreckte sich das Erdbeben über Turin, Mailand, die Umgebungen des Comer Sees und die ganzen Küstenländer Italiens. Merkwürdig ist es, dass der Vesuv plötzlich ruhig wurde, und die aus ihm aufsteigende Rauchsäule in den Krater zurückschlug. In Teutschland verspürte man die Wirkungen dieses Erdbebens in Baiern, Thüringen und Böhmen; an den Küsten von Holland, Holstein, Dänemark, Meklenburg und Pommern gerieth das Meer in ausserordentliche Schwankungen; dasselbe war in noch weit auffallenderem Maasse an den Küsten von England, Schottland und Irland der Fall; auch die Landseen Schottlands und

*) Die längste und regelmässigste Zone vulcanischer Reactionen, welche es auf der Erde giebt, zieht sich nach Humboldt in ostwestlicher Richtung von Turfan am Süd-Abhange des Thianschan bis nach dem Archipelagus der Azoren, also durch 120 Längengrade, während ihre Breite nur wenig zwischen 38° und 40°, also zwischen 2 Breitengraden schwankt. Central-Asien, I, 429.

**) Vergl. Kant, Geschichte und Naturbeschreibung der merkwürdigsten Vorfälle des Erdbebens, welches am Ende des Jahres 1755 einen grossen Theil der Erde erschüttert hat; auch Hoffmann, Hinterlassene Werke, Theil I, S. 397 ff. und *Lyell*, *Principles*, 7. *ed. p.* 473 *sq.*

der Wenersee in Schweden wurden beunruhigt. Die Nordküste Afrikas wurde sehr stark erschüttert, und namentlich in Marokko gingen viele Ortschaften zu Grunde; die Canarischen und Azorischen Inseln wurden gleichfalls von den Bewegungen ergriffen, welche nothwendig einen grossen Theil des Atlantischen Meeres betroffen haben müssen*), weil selbst auf den kleinen Antillen ein sehr starkes Meeresbeben eintrat, und in Nordamerika nicht nur Boston, Neu-York und Pennsylvanien erschüttert wurden, sondern auch die Umgebungen des Ontario-Sees in Schwankungen geriethen.

Das durch seine Heftigkeit wie durch seine grosse Verbreitung merkwürdige Erdbeben von Valdivia in Chile, am 7. November 1837, bewirkte auf den Gambiers-Inseln, auf Tahiti, auf den Schiffer-Inseln und Vavao-Inseln heftige Aufregungen des Meeres, welche in wiederholtem Steigen und Fallen des Meeresspiegels bestanden. Auf den Vavao-Inseln traten diese Bewegungen am 8. November ein, und wiederholten sich 36 Stunden lang aller 10 Minuten. Auf der Insel Opolu, einer der Schiffer-Inseln, empfand man am 7. und 8. November unausgesetzte Erdbeben, worauf sich erst die Oscillationen des Meeres einstellten. Auf Owahu, einer der Sandwichinseln, traten die Schwankungen des Meeresspiegels am 7. November ein, und dauerten die ganze Nacht hindurch bis zum Vormittag des folgenden Tages; auch auf Hawai fiel das Wasser schnell um 9 F., stieg dann aber plötzlich um 20 F. über den Fluthstand**).

Das centrale Erdbeben in den Rheinlanden vom 29. Juli 1846, dessen Mittelpunct in der Gegend von Kochem an der Mosel lag, erstreckte sich von dort aus nördlich bis Münster, südlich bis Freiburg in Baden, östlich bis Coburg und westlich bis Ath in Belgien, so dass sich der Halbmesser des Erschütterungskreises auf 35 Meilen, und der Flächeninhalt desselben auf 3800 Quadratmeilen veranschlagen lässt.

Dass das grosse Erdbeben von Calabrien sich über einen Erschütterungskreis von 18 Meilen Halbmesser ausdehnte, ist bereits in §. 69 erwähnt worden.

Die transversalen Erdbeben werden sich gewöhnlich über sehr weite Landstriche verbreiten müssen, da sie längs einer grossen Erschütterungslinie beginnen, von welcher aus sie sich nach beiden Seiten in parallelen Linien fortpflanzen. Nach den Berichten von Rogers ergiebt sich auch in der That, dass das Erdbeben in den Vereinigten Staaten vom 4. Januar 1843 einen Flächenraum von 170 Meilen Länge und von eben so grosser Breite erschüttert, und folglich einen Landstrich von 29000 Quadratmeilen, oder einen Landstrich betroffen hat, der genau $2\frac{1}{2}$ mal so gross ist, als Teutschland. Auch muss das Erdbeben der Antillen vom 8. Februar 1843 als Meeresbeben einen sehr grossen Flächenraum

*) In der That sind auch auf mehren Schiffen im Atlantischen Meere heftige Stösse empfunden worden; unter andern 40 Stunden westlich von St. Vincent so stark, dass die Leute anderthalb Fuss hoch vom Verdeck aufwärts geschleudert wurden.

**) Poggend. Ann., Ergänzungsband I, 1840, S. 527.

erschüttert haben, da sich nach Rogers die Erschütterungsaxe desselben von den Bermuden bis nach Cayenne erstreckte. Das Erdbeben von Cutch in Ostindien, welches am 16. Juni 1819 Statt fand, und so merkwürdige Umgestaltungen des Bodens zur Folge hatte, dürfte gleichfalls zu den transversalen Erdbeben zu rechnen sein; seine Bewegungen erstreckten sich von Sindree über Ahmedabad bis nach Poonah, durch wenigstens 5 Breitengrade, und haben also einen Raum von 80 Meilen Ausdehnung betroffen*).

§. 71. *Abhängigkeit der Erdbeben von geotektonischen Verhältnissen.*

Es ist eine vielfältig bestätigte Thatsache, dass die Propagation und die Wirkungsart der Erdbeben in einer bestimmten Beziehung theils zu dem Verlaufe der Gebirgsketten und anderer Reliefformen der Erdoberfläche, theils zu der Structur und materiellen Beschaffenheit der oberen Schichten der Erdkruste stehen. Indem wir also die genannten, die Architektur der äusseren Erdkruste betreffenden Verhältnisse unter dem Ausdrucke der geotektonischen oder chthonotektonischen Verhältnisse zusammenfassen, können wir sagen, dass die Erdbeben eine gewisse Abhängigkeit von diesen geotektonischen Verhältnissen erkennen lassen.

Schon oben in §. 69, bei der Angabe des Erschütterungskreises des centralen Erdbebens von Calabrien, wurde der merkwürdigen Erscheinung gedacht, dass die das Land von NNO. nach SSW. durchsetzende Urgebirgskette gleichsam einen schützenden Damm bildete, jenseits welchem eine Fortpflanzung der, auf der Westseite so heftigen Erschütterungen nur in äusserst geringem Maasse Statt fand; und eben so wurde weiterhin bemerkt, dass die linearen Erdbeben gewöhnlich dem Laufe der Gebirgsketten folgen. Dieser theils hemmende theils fortleitende Einfluss der Gebirgsketten auf die Erdbeben macht sich nun in der That sehr häufig geltend. Er ist aber höchst wahrscheinlich nicht sowohl in der Form und in dem hohen Aufragen, als vielmehr in der Architektur der Gebirge, und namentlich in der stetigen Fortsetzung ihrer Centralmassen bis in grosse Tiefe, so wie darin begründet, dass längs ihrem Fusse Spalten hinlaufen, durch welche der stetige Zusammenhang der Erdkruste mehr oder weniger aufgehoben wird.

So ist es durch vielfache Erfahrungen bewährt, dass sich die Erdbeben an den Westküsten Südamerikas, obwohl sie bisweilen auf Hunderte von Mei-

*) *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 437.

len dem westlichen Fusse der Andeskette folgen, nur selten quer über diese Kette fortpflanzen; und, wenn diess der Fall ist, so treten sie dort in so gemildertem Grade auf, dass die Städte auf der Ostseite der Anden viel weniger zu leiden haben, als jene der Küstenländer. Dasselbe gilt für die Nordküste dieses Erdtheils, in dem Striche von Trinidad bis nach Maracaibo, wo die Küstenkette von Venezuela gleichsam eine Barrière bildet, welche die Erdbeben nur selten überschreiten, obgleich diese Kette selbst von den Erschütterungen oft sehr heftig betroffen worden ist.

Eben so hat Palassou gezeigt, dass in den Pyrenäen die Erdbeben ganz gewöhnlich dem Laufe der Gebirgskette folgen, und zwar am häufigsten auf der Südseite, selten innerhalb oder auf der Nordseite derselben vorkommen. Auch die Erdbeben in England haben nach Gray wiederholt einen mit der allgemeinen Richtung der dortigen Gebirgsketten übereinstimmenden Verlauf gezeigt, und einen ähnlichen Einfluss üben die Alpen, die Apenninen und die Scandinavischen Gebirge aus.

Daher ist es im Allgemeinen als eine seltenere Erscheinung und gewissermaassen als eine Ausnahme von der Regel zu betrachten, wenn die Erdbeben in transversaler oder schräger Richtung über eine Gebirgskette hinwegsetzen. Diess war z. B. im Herbste des Jahres 1828 der Fall, wo ein Erdbeben in nordsüdlicher Richtung quer über die Apenninenkette von Voghera nach Genua fortsetzte. Auch in Südamerika sind nach Humboldt sowohl bei den Anden als bei der Küstenkette von Venezuela bisweilen ähnliche Beispiele einer Fortpflanzung quer über die Gebirgskette vorgekommen*); und Burnes hat nachgewiesen, dass das von ihm am 22. Januar 1832 zu Lahore erlebte Erdbeben die Kette des Hindukho in der Richtung von SSO. nach NNW. durchzog, und die Ortschaften Badakschans so wie die am oberen Oxus zerstörte, indem es sich noch weiter nach Bokhara und Kokand verbreitete. Eben so werden die Erdbeben im eigentlichen Centralasien nach Eversmann und Falk nicht selten auf beiden Seiten der Gebirgskette des Thian-schan empfunden **).

Wie die Gebirgsketten so scheinen aber auch die grösseren Stromthäler und langgestreckten Flussbassins einen Einfluss auf die Richtung und den Verlauf der Erdbeben auszuüben. Wenigstens hat Perrey versucht einen solchen Einfluss nachzuweisen, indem er zeigte, dass im Donaubassin, im Rhonebassin und Rheinbassin die Erdbeben gewöhnlich der Axe oder der Längenausdehnung dieser Bassins zu folgen pflegen. Weil jedoch den grösseren Stromthälern ihre Richtung oft durch benachbarte Gebirgsketten vorgezeichnet wird, so wäre es möglich, dass dieser

*) *Voyage de Humboldt et Bonplandt, Relation historique, II, p.* 10, 13 u. 23.

**) Central-Asien, Bd. I, S. 425 und 426.

Einfluss auf die Richtung der Erdbeben weniger in den Bassins, als in denen sie einschliessenden Gebirgsketten begründet ist.

Sehr auffallend ist ferner die Abhängigkeit der Wirkungsweise der Erdbeben von der Gesteinsart und der Structur der äussersten Erdkruste. Denn, obgleich die Erdbeben überhaupt einen jeden Boden betreffen können, derselbe mag aus diesem oder jenem Gesteine bestehen; obgleich also im Allgemeinen Granit und Glimmerschiefer eben so wie Kalkstein und Sandstein, Trachyt und Basalt eben so wie Mergel- und Geröllgrund erschüttert werden können, so ist es doch einleuchtend, dass nicht nur die Erschütterlichkeit selbst, sondern auch besonders die Fähigkeit zur Fortpflanzung der Erschütterungen bei verschiedenen Gesteinen sehr verschieden sein werde. Es müssen offenbar in dieser Hinsicht auffallende Unterschiede hervortreten, je nachdem eine Gegend aus lockerem oder festem, aus geschichtetem oder massigem, aus zerklüftetem oder stetig ausgedehntem Gesteine besteht; je nachdem sie einförmig von einem und demselben Gesteine, oder von sehr verschiedenartigen mit einander abwechselnden Gesteinen gebildet wird.

„Alle festen Körper, sagt Hoffmann*), sind im Allgemeinen fähig, durch mechanische Einwirkungen erschüttert und in Schwingungen versetzt zu werden; die Art der Fortpflanzung dieser Schwingungen hängt aber von der eigenthümlichen Natur und Anordnung ihrer Theilchen ab; so auch die Schwingungen der Erdbeben von der Beschaffenheit und Structur der Gebirgsarten, welche in so manchfaltigen Verbindungen die Erdrinde zusammensetzen. In ununterbrochen gleichförmigen Gesteinen, deren Theilchen unter sich fest zusammenhängen, werden diese Schwingungen sich gleichförmig ausbreiten, wie die Wellen auf einem in Erschütterung versetzten Wasserspiegel. Wo aber Trennung in Platten und Tafeln, wo Schichtung und Zerklüftung sich einstellen, wo endlich ganze Gebirgsmassen nur von locker und unregelmässig durch einander gemengten Bruchstücken gebildet werden, da muss sich auch die regelmässige Fortpflanzung der Erschütterungen auf das Manchfaltigste abändern, und ein und dasselbe über einen grösseren Theil der Erdoberfläche verbreitete Erdbeben wird daher an verschiedenen Puncten die verschiedensten Wirkungen ausüben."

Mit dieser verschiedenen Erschütterungsfähigkeit des Bodens dürfte auch die merkwürdige Erscheinung zusammenhängen, dass es in einigen Ländern, welche sehr häufigen Erdbeben unterworfen sind, einzelne Regionen giebt, welche gleichsam eine Ausnahme bilden, indem sie von den ringsum Statt findenden Bewegungen regelmässig verschont bleiben. Diess ist z. B. in Peru stellenweise der Fall, und die Peruaner sagen von diesen unbewegten oberen Schichten, dass sie eine Brücke bilden,

*) Hinterlassene Werke, II, S. 336.

unter welchen sich die Erschütterungen in der Tiefe fortpflanzen, ohne sie selbst zu betreffen.

§. 72. *Fortsetzung; verschiedenes Verhalten der äusseren und inneren Theile.*

Ganz besonders wichtig ist noch der Unterschied, welcher in Bezug auf die Erschütterlichkeit und Beweglichkeit zwischen den inneren und den äussersten Theilen der Erdkruste Statt findet. Gay-Lussac hat aufmerksam darauf gemacht*), wie sich bei jedem Erdbeben die obersten Theile der Erdkruste nothwendig ganz anders verhalten müssen, als die inneren und innersten Theile derselben. Da sie nämlich von keinen anderen Massen bedeckt sind, denen sie die empfangene Erschütterung mittheilen könnten, so werden sie ein Bestreben erhalten, sich von den unterliegenden Massen abzulösen und in eine förmliche Bewegung zu gerathen. Dieses Bestreben wird nun zwar gewöhnlich keinen Erfolg haben, sobald die oberflächlichen Massen des Grund und Bodens mit den tieferen Massen in stetigem Verbande und festem Zusammenhange stehen, weil schon sehr starke Erschütterungen dazu erforderlich sind, um einen solchen Zusammenhang aufzuheben. Wenn aber die oberflächlichen Massen den felsigen Grundfesten des Landes nur wie eine Schale aufgelegt oder angelehnt sind, wenn sie mit den tieferen Massen kein fest verbundenes und stetiges Ganzes bilden, dann wird der lose Zusammenhang leicht aufgehoben und für sie eine Wirkung hervorgebracht werden können, welche für die tieferen Massen gar nicht möglich ist.

Wie also der Stoss gegen eine Reihe von Billardkugeln nur die letzte derselben in Bewegung versetzt, wie die Schwingungen einer Glasplatte die aufliegenden Sandkörner auf- und niederspringen machen, so werden die Stösse und Schwingungen der Erdbeben die äussersten Theile der Erdkruste sehr häufig in eine wahre aufspringende und translatorische Bewegung versetzen. Dasselbe Erdbeben, welches im Innern der Erdkruste nur eine starke Erzitterung der Massen hervorbringt, kann daher an der Oberfläche derselben sehr gewaltsame Zerstörungen verursachen, und zwar diess um so mehr, je lockerer der ursprüngliche Zusammenhang zwischen den oberflächlichen Schichten und den tieferen Grundfesten des Landes ist**).

*) *Annales de chimie et de physique, t.* 22, 1823, *p.* 429.

**) Eine merkwürdige hierher gehörige Thatsache berichtet Darwin. Nach dem Chilener Erdbeben vom 20. Febr. 1835 sah er auf der Insel Quiriquina bei Conception, die Oberfläche des festen Gesteines so vollkommen zertrümmert und zer-

Hieraus ist es wohl auch erklärlich, warum bisweilen in Bergwerken die Erdbeben gar nicht bemerkt worden sind, welche in der darüber liegenden Oberfläche des Landes recht deutlich verspürt wurden. Diess war z. B. am 24. Nov. 1823 in Schweden der Fall, wo nach Berzelius die in den Gruben der Gegend von Persberg, Bisperg und Fahlun in der Tiefe arbeitenden Bergleute die Erschütterungen eines daselbst eingetretenen Erdbebens nicht empfunden haben. Eben so bemerkten die in den Steinkohlengruben zwischen Mühlheim und Unna arbeitenden Bergleute nichts von den Erdstössen, welche am 23. Februar 1828 die Rheinlande erschütterten*). Das Gegentheil fand freilich im Jahre 1812 zu Marienberg in Sachsen Statt, wo die Bergleute in den Gruben eine starke Erderschütterung bemerkten, von welcher an der Oberfläche nichts verspürt worden ist.

Nach allen diesen Verhältnissen muss es nun wohl begreiflich erscheinen, warum sich so häufig die Wirkungen eines und desselben Erdbebens auf festem Felsengrunde weit weniger furchtbar und verheerend erwiesen haben, als auf lockerem und weichem Boden. Denn dieser letztere besteht in der Regel aus Schichten, welche dem ersteren aufgelagert sind, und ein locker fundirtes, vielfach abgetheiltes Ganzes darstellen, welches, als die oberste Decke der Erdkruste, durch die Erschütterungen der Erdbeben förmlichen Erhebungen und Verschiebungen unterliegen kann. Besonders stark werden aber die Dislocationen und Convulsionen solcher Schichtensysteme längs ihrer Gränze, also an denjenigen Stellen eintreten müssen, wo sie dem festen Felsengrunde aufgelagert sind, weil sie dort die kleinste Mächtigkeit besitzen und einseitig zu Ende gehen.

Die Geschichte der Erdbeben ist reich an Beispielen, welche diese Folgerungen bestätigen. So war es nach Spallanzani bei dem Erdbeben von Messina im Jahre 1783 sehr auffallend, dass die Zerstörungen ganz vorzüglich den an der Seeküste gelegenen Theil der Stadt betrafen, welcher auf dem vom Meere angeschwemmten Boden erbaut war, während der höher gelegene, auf Granitgrund stehende Theil der Stadt viel weniger beschädigt wurde. Dasselbe fand zu Kingston auf Jamaica bei dem Erdbeben von 1692 Statt, wo alle, unmittelbar an der Küste stehenden Häuser in die Tiefe versanken, während

splittert, als ob es mit Pulver zersprengt worden wäre; der lockere aufgeschwemmte Boden war dagegen von vielen bis zu 3 Fuss breiten Spalten durchrissen. Man sieht also, wie die äussersten Theile des festen Gesteines förmlich abgesprengt wurden, während es weiter abwärts nur eine Erschütterung erfuhr.

*) Poggend. Ann., Bd. 12, S. 332. In Betreff der von Berzelius mitgetheilten Thatsache ist noch zu bemerken, dass die auf den Fahrten befindlichen Bergleute das Erdbeben sehr deutlich empfanden. Jahresbericht, IV, S. 268.

die auf festem Felsengrunde erbauten Häuser stehen blieben. Nach John Davy werden auf den Ionischen Inseln Cephalonia, Santa-Maura und Zante die Wirkungen der Erdbeben am stärksten in denjenigen Gegenden verspürt, deren Untergrund aus Thon und Mergel besteht*). Eben so berichtet Deville, dass bei dem Erdbeben von Guadeloupe am 8. Februar 1843 besonders die auf Thon, Mergel und lockerem Korallenkalkstein erbauten Häuser und Ortschaften verheert worden sind, und dass namentlich die Zerstörung von Pointe-à-Pitre durch seine Lage auf derartigen Schichten herbeigeführt wurde.

Höchst auffallend stellte sich diese Abhängigkeit der Wirkungen der Erderschütterungen von den geotektonischen Verhältnissen auch bei den grossen Erdbeben von Lissabon und Calabrien heraus. Ueber das Lissaboner Erdbeben hat Sharpe in dieser Hinsicht sehr genaue Nachforschungen angestellt. Das westliche Ende von Lissabon steht auf festem Hippuritenkalkstein, der ganze übrige Theil der Stadt auf tertiären Schichten, welche nach unten aus weichen, blauen Thonmergeln, nach oben aus festeren Schichten bestehen. Die auf dem Hippuritenkalkstein und auf Basalt erbauten Häuser blieben stehen; die auf den festeren Tertiärschichten stehenden Gebäude wurden mehr oder weniger beschädigt, aber alle auf den weichen Mergeln gelegenen Gebäude wurden umgestürzt und in Trümmerhaufen verwandelt. Die Gränze zwischen dem gänzlich zerstörten und dem nur erschütterten Theile der Stadt folgte genau der Linie, längs welcher die tertiären Schichten dem Hippuritenkalke aufliegen. Eben so verhielt es sich mit den Ortschaften in der Umgegend von Lissabon. Das auf den Tertiärschichten liegende Dorf Saccaven litt sehr stark, während die auf Basalt liegenden Orte Queluz und Odivellas verschont blieben**).

Ueber die verschiedenen Wirkungen des Erdbebens von Calabrien hat Dolomieu sehr genaue Mittheilungen gegeben. Die Gneiss- und Granitkette des Aspromonte wurde zwar so heftig erschüttert, dass die Berge in auf- und niedersteigende Bewegung geriethen; desungeachtet litten die auf ihr liegenden Ortschaften verhältnissmässig wenig, weil diese Bewegung in verticaler Richtung erfolgte, und die Gebäude nur wenig aus ihrer lothrechten Stellung brachte. Allein die westlich angränzende Ebene, deren Boden aus lockeren Schichten von grobem Sandstein, Geröll und Thon besteht, bildete den eigentlichen Spielraum der furchtbaren Verheerungen, durch welche dieses Erdbeben eine so traurige Berühmtheit erlangt hat. Dort fanden so ausserordentliche Convulsionen der Erdoberfläche Statt, dort wurde der Boden an so zahllosen Puncten erhoben und gesenkt, zerrissen und durch einander geschoben, dass die Landschaft ein völlig verändertes Ansehen erhielt. Vorzüglich auffallend waren diese Dislocationen längs der Gränze, wo die weicheren Tertiärschichten dem Granite unmittelbar aufliegen, und Rutschungen und Senkungen im grossartigsten Maassstabe Statt fanden.

Mit diesen Erfahrungen scheint es nun auf den ersten Anblick im Widerspruche zu stehen, dass gerade die grossen Ebenen, wie z. B.

*) Poggend. Ann., Bd. 38, S. 479 und *Archiac, hist. des progrès de la géol., I, p.* 621.

**) *Trans. of the geol. soc., vol. VI,* 1841, *p.* 130 f.

die Nordteutsche und Sarmatische Ebene, nur äusserst selten von einigermaassen starken Erdbeben betroffen werden, während doch ihr Grund und Boden bis auf bedeutende Tiefe aus lauter weichen und lockeren Schichten von Geröll, Sand und Thon besteht. Allein, abgesehen davon, dass auch die Erdbeben, eben so wie die Vulcane, vorzüglich an gewisse Gegenden gebunden sind, welche von ihnen besonders stark und häufig heimgesucht werden, während sie in anderen Gegenden nur seltener und schwächer vorkommen, so muss gerade die sehr incohärente Beschaffenheit der diese Ebenen bildenden Schichten, verbunden mit ihrer grossen Mächtigkeit und Ausdehnung, offenbar die Wirkungen der Erdbeben schwächen, indem die aus der Tiefe heraufbebenden Erschütterungen nur selten stark genug sein werden, um das ganze Schichtensystem mit einem Male in Bewegung zu setzen, eine unmittelbare Fortpflanzung derselben aber in so weichen und nachgiebigen Gesteinen, wegen des mangelnden Zusammenhanges ihrer Theile sehr bald erschlaffen und endlich spurlos verloren gehen wird. Sollte der in der Tiefe verborgene Felsgrund dieser Gegenden einmal von sehr starken und grossartigen Schwingungen erschüttert werden, so würde auch gewiss die Oberfläche ein bedeutendes Erdbeben zu erleiden haben, wie diess im Tieflande des Mississippi schon öfters der Fall gewesen ist.

§. 73. *Wirkungen der Erdbeben; Spaltung des Bodens.*

Unter den bleibenden Wirkungen der Erdbeben auf die Erdoberfläche oder auf die uns sichtbaren Theile der Erdkruste sind besonders die Spaltungen, die Senkungen und die Hebungen des Bodens als die wichtigeren hervorzuheben.

Die stärkeren Erschütterungen des Erdbodens müssen nothwendig eine Zerreissung und Zerspaltung desselben verursachen; denn, sie mögen nun in blosen Schwingungen oder in wirklichen translatorischen Bewegungen bestehen, so werden dabei nothwendig gewisse Theile des Bodens eine gewaltsame Ausdehnung erleiden, welche nur mit einer Unterbrechung ihres Zusammenhanges, also mit einer Zerreissung oder Zerberstung endigen kann. Die Dimensionen der so gebildeten Spalten sind äussert verschieden; sie können von schmalen, kaum sichtbaren Rissen bis zu weitgähnenden Klüften von mehren tausend Fuss Länge, vielen Fuss Breite und einer angemessenen Tiefe anwachsen; gewöhnlich haben sie einen ziemlich geraden, bisweilen einen zickzackförmigen, selten einen krummlinigen Verlauf. Wurden sie im festen Gesteine gebildet, so können sie auf lange Zeiten als weit geöffnete

Klüfte sichtbar bleiben; entstanden sie aber in weichem und lockerm Gesteine, so werden sie im Laufe der Zeit theils durch den seitlichen Druck desselben, theils durch Herabbröckeln und Einsturz, theils durch die Wirkung des Regens und Frostes, oder auch durch eingeschwemmtes und eingewehtes Material ausgefüllt und geschlossen.

Da sich die Stösse bei einem und demselben Erdbeben oft wiederholen, so ist es nicht selten vorgekommen, dass die zuerst entstandenen Spalten wieder zusammenklafften, und dann abermals aufgerissen wurden; oder dass sich Spalten, welche anfangs eng waren, ruckweise immer weiter öffneten, und umgekehrt. Sie entstehen oft in sehr grosser Anzahl, und wenn sie eine bedeutende Breite haben, so können Menschen und Thiere, Häuser und Bäume, welche sich zufällig an der Stelle befinden, von den unter ihnen aufreissenden Schlünden verschlungen, und bei dem Zuklaffen derselben gänzlich zusammengequetscht werden. Da übrigens die Erdbebenwellen innerhalb jedes kleineren Districtes ziemlich parallel fortschreiten, so werden auch die so entstehenden Spalten gewöhnlich einen mehr oder weniger auffallenden Parallelismus ihres Verlaufes zeigen, obwohl sich ihre Richtung von einer Gegend zur andern verändern kann; in seltenen Fällen laufen sie strahlenförmig von einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte aus; bisweilen kreuzen sie sich. Nicht selten ist diese Zerspaltung des Erdbodens mit einer sogenannten Verwerfung, d. h. mit einer gegenseitigen Verschiebung der zu beiden Seiten der Spalte liegenden Theile verbunden, indem der eine Theil gehoben oder gesenkt wurde, so dass die einander correspondirenden Puncte in ein sehr verschiedenes Niveau gerückt sind.

Da fast alle stärkeren Erdbeben von solchen Zerreissungen des Erdbodens begleitet gewesen sind, so wollen wir auch nur einige besonders auffallende Beispiele erwähnen.

Bei dem Erdbeben in Chile am 19. November 1822, welches das ganze dortige Littoral permanent in ein höheres Niveau drängte, wurde der Granitboden einiger Küstenstriche von parallelen Spalten durchrissen, welche zum Theil 1½ Engl. Meilen weit landeinwärts verfolgt werden konnten. Bei dem späteren Erdbeben vom 20. Februar 1835 öffnete und verschloss sich die Erde in der Gegend von Conception abwechselnd an zahlreichen Puncten; die Richtung der Spalten war nicht ganz constant, doch im Allgemeinen von SO. nach NW.; und wo die lockeren Schichten des breiten Biobiothales an das feste Gestein angränzten, da lösten sie sich von letzterem ab, indem ein zoll- bis fussbreiter Zwischenraum entstand.

Als am 16. November 1827 die Gegend von Bogota in Neu-Granada von einem heftigen Erdbeben erschüttert wurde, entstanden am Wege nach Guanacas weitklaffende Spalten; andere öffneten sich bei Costa, und der Fluss Tunza stürzte sich sofort in die geöffneten Schlünde.

Während des fürchterlichen Erdbebens, welches im Jahre 1770 die Insel St. Domingo verheerte, wurde das Land von zahllosen Spalten durchsetzt; und als Jamaica im Jahre 1692 so schreckliche Convulsionen erlitt, dass der Erdboden wie die Oberfläche eines sturmbewegten Meeres auf- und niederwogte, da bildeten sich oft mehre hundert Spalten auf einmal, die sich zum Theil rasch wieder verschlossen und dann von Neuem öffneten; viele Menschen stürzten in sie hinein, manche gänzlich, andere bis zur Hälfte, noch andere ragten nur mit dem Kopfe heraus; bei dem Schliessen der Spalten wurden sie jämmerlich zerdrückt, bei der Wiederöffnung derselben aber zugleich mit grossen Wassermassen herausgeschleudert.

Aehnliche Erscheinungen fanden bei dem Erdbeben des Mississippithales im Jahre 1812 Statt. Der Erdboden stieg in grossen langgestreckten Wogen auf, welche auf ihrem Gipfel zerbarsten, und aus den so gebildeten Schlünden Wasser, Sand und Kohlenbrocken zu bedeutender Höhe hinausschleuderten. Nach sieben Jahren sah Flint noch hunderte von diesen Spalten geöffnet. Da sie sich alle in der Richtung von SW. nach NO. bildeten, so suchten sich die Bewohner der Gegend dadurch vor dem Hinabstürzen zu sichern, dass sie die grössten Bäume fällten, deren Stämme rechtwinklig auf jene Richtung legten, und dann Platz auf ihnen nahmen. Lyell konnte noch im Jahre 1846 viele dieser Spalten verfolgen, obwohl sie im Laufe von 34 Jahren durch die Wirkung des Regens, Frostes und der Ueberschwemmungen, so wie durch das alljährlich hineingewehte Laub zum Theil ausgefüllt waren; manche liessen sich noch über ½ Engl. Meile weit verfolgen, und viele hatten gänzlich das Ansehen von künstlichen Einschnitten des Terrains*).

Bei dem Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783, dessen Wirkungen so genau studirt worden sind, haben die sehr gewaltsamen Convulsionen des Erdbodens auch viele Spaltenbildungen verursacht.

Nach Grimaldi erfuhren viele, bei dem erstem Stosse am 5. Februar gebildete Spalten eine bedeutende Verlängerung, Erweiterung und Vertiefung während der sehr heftigen Erschütterungen vom 28. März. In der Gegend von San-Fili sah derselbe Beobachter eine Spalte von ½ Meile Länge, 2½ Fuss Breite und 25 Fuss Tiefe; eine ähnliche fand er bei Rosarno; im Districte von Plaisano aber eine Spalte, die eine förmliche Schlucht von 105 Fuss Breite und fast einer Meile Länge bildete**). Ebendaselbst, an einer Stelle, die den Namen Cerzulle führt, hatte sich eine ¾ Meile lange, 150 Fuss breite und 100 Fuss tiefe, so wie bei La Fortuna eine 30 Fuss breite und 225 Fuss tiefe Spalte geöffnet. — Der Kalksteinberg Zefirio, an der Südspitze Calabriens, war auf ½ Meile Länge in zwei Hälften zerspalten, und bei Soriano hatte sich eine fast halbkreisförmige Spalte gebildet. In der Nähe von Oppido, dem Centralpuncte des ganzen Erdbebens, wurden viele Häuser von den unter ihnen aufklaffenden Spalten so völlig verschlungen, dass sie spurlos verschwanden; dasselbe geschah bei Cannamaria, Terranuova, S. Christina und Sinopoli, und da sich diese Spalten oft wieder mit grosser Heftigkeit ver-

*) *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 445.

**) Während des Lissaboner Erdbebens von 1755 öffnete sich bei Angoulême im südlichen Frankreich eine Spalte von 6 Stunden Länge.

schlossen, so fand man später beim Nachgraben die Häuser mit ihrem gesammten Inhalte zu einer einzigen compacten Masse zusammengequetscht. Sehr merkwürdig war die Zerreissung des Bodens an einer Stelle in der Gegend von Jerocarne, wo die Spalten von einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte



Spaltung der Erde bei Jerocarne.

nach allen Richtungen ausstrahlten, gerade so, wie die Sprünge einer durch einen Stoss zerbrochenen Glastafel. In Terranuova ist diese Spaltenbildung oft mit einer bedeutenden Verwerfung verbunden gewesen, so dass manche Häuser gehoben wurden, während die unmittelbar angränzenden in die Tiefe sanken; in einigen Strassen wurde der Erdboden an den Mauern der Häuser in die Höhe geschoben, und ein runder, aus sehr starkem Gemäuer bestehender Thurm zerbarst durch eine verticale Spalte in zwei Hälften, von welchen die eine an der anderen 15 Fuss hoch aufwärts geschoben wurde.

Ueber die Erdspaltungen, welche sich in der Walachei während des Erdbebens im Januar 1838 ereigneten, hat Gustav Schüler Bericht erstattet*). Er sah dort Spalten, welche bei einer Länge von mehren tausend Fuss doch nur 8 bis 20 Zoll breit waren; einige derselben hatten sich sogleich wieder geschlossen, während diess bei anderen nur allmälig eintrat. Bei dem Dorfe Babeni unweit Slam-Rimnik waren die Spalten anfangs kaum fingerbreit, erweiterten sich aber von Tag zu Tag bis zu mehren Klaftern; dabei fanden einseitige Senkungen und Hebungen des Bodens Statt, so dass manche Häuser verschoben, auseinander gerissen oder ganz umgestürzt wurden.

§. 74. *Ausschleuderung von Wasser, Sand und Schlamm.*

Eine mit dieser Spaltenbildung verbundene, jedoch vorübergehende Erscheinung ist das gewaltsame Hervorbrechen von Wasser, Sand und Schlamm, von Dämpfen und Gasen, welches namentlich in Bezug auf die

*) Bericht an das Fürstl. Wallachische hohe Ministerium des Innern über die Erdspaltungen und sonstigen Wirkungen des Erdbebens vom $^{11}/_{23}$. Januar 1838. Bukarest 1838.

ersteren drei Materialen sehr häufig beobachtet worden ist. Dieses Ausspritzen von Wasser, welches Sand und Schlamm mit sich führt, ist offenbar darin begründet, dass unterirdische wasserreiche Schichten, Wasseradern und andere Wasseransammlungen durch die Convulsionen der äusseren Erdkruste, vielleicht auch nur bei dem Durchgange der Erdbebenwelle, eine starke Compression erleiden, wodurch das Wasser eine vorübergehende Steigerung seiner Spannung erfährt, so dass es mit grosser Heftigkeit zu Tage ausdringt. Daher ist es auch in Cumana eine ganz gewöhnliche Erscheinung, dass während der Erdbeben der Inhalt der Brunnen und Cisternen an Wasser, Sand und Schlamm gewaltsam herausgeschleudert wird; und dasselbe ist an vielen anderen Orten vorgekommen, welche von starken Erdbeben bewegt worden sind. Dabei mögen auch bisweilen plötzliche Entwickelungen von Gasen mit im Spiele gewesen sein, obwohl man keinesweges in allen Fällen zu einer solchen Annahme berechtigt ist.

So ist es schon vorhin erwähnt worden, dass bei dem Erdbeben des Mississippithales aus den entstandenen Spalten Wasser, Sand und Schlamm bis zur Höhe der grössten Bäume hervorgeschleudert wurden. Dasselbe war bei dem Erdbeben von Chittagong in Bengalen am 2. April 1762 der Fall, wo das Wasser einen schwefeligen Geruch gehabt haben soll. Während des Erdbebens in Calabrien ist die Erscheinung gleichfalls häufig vorgekommen, und bei Seminara floss aus einer grossen Spalte so viel Wasser, dass sich ein förmlicher kleiner See, der Lago del Tolfilo bildete, welcher fast 1800 Fuss lang, über 900 F. breit und 52 F. tief war. Als im Jahre 1812 die Stadt Caracas durch ein heftiges Erdbeben zerstört wurde, da öffneten sich bei Valecillo unweit Valencia und bei Porto-Cabello Spalten, aus welchen ganz ungeheure Wassermassen zum Ausflusse gelangten. Bei dem Erdbeben von Guadeloupe im Jahre 1843 entstanden sehr viele parallele Spalten, von welchen einige Schlamm bis 5 Fuss hoch auswarfen. Die vorerwähnten Erdspalten in der Wallachei haben nach Schüler grossentheils eine Menge Wasser mit grauem und schwärzlichem Sande klafterhoch ausgeworfen, sind auch bisweilen durch diesen Sand und Schlamm wieder ausgefüllt worden. Bei dem heftigen Erdbeben, welches 1818 Catania erschütterte, brachen nach Agatino Longo, unmittelbar vor dem ersten Stosse, nördlich von der Stadt an 14 Puncten Springbrunnen mit grossem Geräusche aus der Erde; und während der Erdbeben, welche in den Jahren 1702 und 1703 in den Abruzzen wütheten, und die Stadt Aquila fast gänzlich zerstörten, öffneten sich bei dieser Stadt mehre Schlünde, aus welchen Wasser und Steine in solcher Menge ausgeworfen wurden, dass die umliegenden Felder nicht mehr bestellt werden konnten. Das Wasser spritzte über die Gipfel der höchsten Bäume hinaus, und gleichzeitig stiegen aus den benachbarten Bergen Flammen und dicke Dämpfe auf. Die so merkwürdige und verheerende Eruption des Ararat am 20. Juni 1840 war von einem der furchtbarsten Erdbeben Armeniens begleitet, durch welches in der Ebene an den Ufern des Araxes und Karasu viele Spalten entstanden, aus denen Gase hervorbrachen, und Wasser und Sand ausgeschleu-

dert wurden. Auch im Flussbette des Araxes wurden die Gase an vielen Puncten mit solcher Heftigkeit entwickelt, dass das Wasser wie in Springbrunnen oder kleinen Geysern aufstieg, und eine lange Reihe solcher Fontainen auf der Wasserfläche sichtbar war.

Die zuletzt erwähnten Beispiele von Gas- oder Dampf-Entwicklungen und von Feuerflammen erinnern an ähnliche Erscheinungen, die aus anderen Gegenden berichtet worden sind. So sah man während des Erdbebens von Cumana, am 14. Nov. 1797, an den Ufern des Manzanares und im Meerbusen von Cariaco Flammen hervorbrechen, wie denn diese Erscheinung in Venezuela überhaupt öfters vorgekommen sein soll. Während des grossen Erdbebens von Lissabon stiegen gleichfalls aus einer neu gebildeten Spalte des Felsen von Alvidras Feuerflammen und Rauchsäulen auf, welche letztere um so dicker waren, je mehr sich das unterirdische Getöse verstärkte. Und bei dem Erdbeben im Thale des Magdalenenflusses in Neu-Granada am 16. Nov. 1827 strömte Kohlensäure aus vielen Spalten aus.

Mit den Wasserausspritzungen der Erdbeben stehen auch die Rundlöcher und Erdtrichter in Zusammenhang, welche bisweilen in den weicheren oberflächlichen Schichten gebildet werden, und nicht selten mit kegelförmigen Anhäufungen von Sand und Schlamm verbunden sind. Ihre Entstehung ist jedenfalls daraus zu erklären, dass das Wasser nur an einzelnen Puncten (vielleicht rasch gebildeter und eben so rasch geschlossener Spalten) mit grosser Heftigkeit hervorgedrungen ist, wobei rings um jeden Ausbruchspunct der Erdboden aufgewühlt und fortgeschwemmt, und eine trichterförmige oder kesselförmige Vertiefung gebildet wurde; führte nun das aus der Tiefe hervorsprudelnde Wasser selbst Schlamm und Sand mit sich, so musste dieser später, als die Heftigkeit der Ausströmung nachliess, die Vertiefung ausfüllen oder sich wohl auch zu einem kleinen kegelförmigen Hügel anhäufen.



Rundlöcher bei Rosarno.

Auf diese Weise entstanden im Jahre 1783 in den ebenen Gegenden Calabriens Rundlöcher von mehren Fuss Durchmesser, von deren Rän-

dern kleine Furchen ausstrahlten, und die, wenn mit Wasser erfüllt, wie runde Brunnen oder ganz kleine Teiche erschienen; meist waren sie aber mit Sand erfüllt. Eine genauere Untersuchung zeigte, dass sie sich nach unten trichterförmig verengerten und zuletzt in einem schmalen Canal endigten, durch welchen das Wasser aus der Tiefe herausgeströmt war. Solche Rundlöcher fand man stellenweise, wie z. B. in der Gegend von Rosarno, in grosser Anzahl beisammen. Aehnliche trichterförmige Löcher von 2 bis 6 Fuss Durchmesser sind nach Schüler in der Wallachei zwischen den Dörfern Malori und Beltschuk gebildet worden; der sie ausfüllende Sand war bisweilen zu hohlen Kegeln angehäuft. Die grossartigsten Formen der Art lieferte jedoch das Erdbeben des Mississippithales im Jahre 1811 bis 1812, wo zwischen Neu-Madrid und Little-Prairie kesselförmige Löcher, sogenannte *sinkholes*, von 30 bis 90 Fuss Durchmesser und mehr als 20 Fuss Tiefe entstanden, welche noch gegenwärtig eine in dem flachen Boden der Diluvial-Ebene sehr auffallende Erscheinung bilden. — Die kleinen kegelförmigen Sandanhäufungen aber sind in manchen Gegenden Calabriens in erstaunlicher Menge, und so auch in Chile bei dem Erdbeben von 1822 beobachtet worden.

Endlich sind auch noch die Schlammströme als eine wenn auch seltenere, so doch verwandte Erscheinung hierher zu rechnen. Vor dem ersten Stosse des Erdbebens von Calabrien floss nicht weit von Laureana aus dem Grunde zweier Schluchten eine Menge Kalkschlamm aus, welcher sich bald so anhäufte, dass er wie Lava abwärts strömte, und unterhalb der Vereinigung beider Schluchten einen Strom von 225 F. Breite und 15 F. Höhe bildete, der sich auf eine Länge von einer Italienischen Meile fortbewegte. Auch bei S. Lucido und anderen Orten überschwemmten breite Schlammströme alle tieferen Puncte dermaassen, dass nur noch die Gipfel der Bäume und die Giebel der Häuser-Ruinen aus dem Schlamm hervorragten. Und so haben sich zuweilen ähnliche Erscheinungen auch in anderen Gegenden ereignet.

§. 74. *Wirkungen der Erdbeben auf Quellen, Flüsse, Seen und das Meer.*

Wie schon die Brunnen und unterirdischen Wasser durch die Erdbeben gestört und in Aufruhr versetzt werden, so lässt sich erwarten, dass auch die zu Tage ausfliessenden Quellen ähnlichen Störungen unterliegen können. In der That sind auch dergleichen Störungen oft beobachtet worden. Sie bestehen bald in einer Verminderung oder vor-

übergehenden Versiegung, bald in einer Verstärkung, bald nur in einer Trübung oder Färbung, oder auch in einer Temperatur-Aenderung der Quellen, und dürften in der Hauptsache aus ähnlichen Wirkungen der Erdbebenwelle auf die oberen Erdschichten zu erklären sein, wie die im vorigen §. beschriebenen Wasserausbrüche.

Während der Erdbeben in den Pyrenäen im Juni 1660 erkalteten die warmen Quellen von Bagnères plötzlich dermaassen, dass die gerade in den Bädern befindlichen Curgäste genöthigt waren, sie zu verlassen. Dagegen wurden nach Grimaldi bei dem Erdbeben von Calabrien die Thermen von St. Eufemia, und nach Covelli bei dem Erdbeben vom 2. Februar 1828 die heissen Quellen auf der Insel Ischia in ihrer Temperatur gesteigert. Zur Zeit des grossen Erdbebens von Lissabon wurden mehre Quellen in der Provence getrübt und in ihrem Abflusse gestört; die heissen Quellen von Teplitz erlitten gleichfalls eine plötzliche Trübung, versiegten nachher auf kurze Zeit gänzlich, brachen aber dann, durch Eisenoxyd geröthet mit so ungewöhnlicher Heftigkeit und Fülle hervor, dass alle Badebassins überliefen und selbst ein Theil der Vorstadt überschwemmt wurde; auch in Bristol färbten sich die warmen Quellen roth und blieben auf längere Zeit unbrauchbar. Durch das grosse Erdbeben Armeniens im Jahre 1840 wurde der Lauf der Quelle des heiligen Jacob auf dem Ararat verändert, so dass sie seit jener Katastrophe an einer anderen Stelle ausfliesst; die vorher klare Quelle bei Arguré trübte sich und erhielt einen Geschmack nach Schwefelwasserstoff, und gegen 30 Quellen im Bezirke von Nachitschewan versiegten auf einige Zeit gänzlich. Während der Erdbeben in Böhmen vom 1. bis 10. Januar 1824 verstärkten sich nach Hallaschka die Wasser vieler Quellen und Brunnen, wogegen sie in Algerien vor dem Erdbeben im März 1825 versiegten.

Bäche und Flüsse erleiden durch die Erdbeben theils Hemmungen oder Aenderungen ihres Laufes, theils plötzliche Verminderungen oder Vermehrungen ihrer Wassermasse, theils auch auffallende Trübungen und Verunreinigungen. Die vorübergehenden oder die bleibenden Veränderungen der Terrainformen einer Landschaft müssen natürlich einen Einfluss auf den Lauf der Gewässer ausüben, und so kann es geschehen, dass Flüsse bald in ganz andere Bahnen gelenkt, bald zu Seen aufgedämmt werden. Die heftigen Ausspritzungen der unterirdischen Wasser aber werden nothwendig eine Verstärkung, und die in den Flussbetten geöffneten Spalten und Schlünde eine Verminderung der Wassermasse zur Folge haben. Die Erschütterung und Aufrüttelung der oberen Erdschichten, so wie die damit verbundenen Bewegungen der Gewässer selbst müssen endlich eine mehr oder weniger starke Trübung derselben verursachen.

Nach dem grossen Erdbeben, welches im Jahre 1158 in England wüthete, soll die Themse eine Zeit lang zu fliessen aufgehört haben. Am 13. Januar 1833 empfand man zu Linköping in Schweden zwei Erdstöse, und in der

Nacht darauf hörte der Motalafluss auf zu fliessen, so dass man trockenen Fusses hindurch gehen konnte, obwohl er gewöhnlich in der Minute 60000 Tonnen Wasser vorbeiführt.

Auf Jamaica wurde bei dem Erdbeben von 1692 der Fluss oberhalb Spanish-Town durch den Einsturz seiner hohen fast senkrechten Uferwände aufgedämmt, so dass die weiter aufwärts liegenden Gegenden 9 Tage lang überschwemmt waren; in einigen gebirgigen Gegenden der Insel hörten die Flüsse erst 24 Stunden lang auf zu fliessen; dann aber stürzten sie sich mit verstärkter Gewalt hinab, und schwemmten Millionen von Baumstämmen in das Meer. Dagegen schwoll die Garonne während des Erdbebens in den Pyrenäen im Jahre 1678 in einer Nacht dermaassen an, dass alle Brücken und Mühlen oberhalb Toulouse fortgeführt wurden. Zur Zeit des grossen Erdbebens in Nordamerika während 1811 und 1812 schwoll einmal der Erdboden unterhalb Neu-Madrid dergestalt an, dass der Mississippi in seinem Laufe aufgehalten und vorübergehend aufgedämmt wurde*).

Dass auch die Landseen von den Erdbeben bewegt werden müssen, ist begreiflich, weil die Wassermasse eines solchen Bassins unmöglich ganz ruhig bleiben kann, wenn der Grund des Bassins erschüttert oder bewegt wird. Es werden daher theils Wasserbeben, theils wirkliche Schwankungen des Wasserspiegels eintreten, welche letztere sich an den Ufern des Sees entweder durch ein abwechselndes Steigen und Fallen, oder durch einen wiederholten Einbruch und Rückzug des Wassers zu erkennen geben werden, je nachdem die Ufer steil oder flach sind. So hat z. B. das Lissaboner Erdbeben auf viele Landseen eine sehr auffallende Einwirkung geäussert; der See von Neuchâtel überstieg seine Ufer, während der benachbarte See von Murten um 6 Fuss gesunken sein soll. Auch der Comer See wurde in sehr starke Bewegung versetzt. In Thüringen gerieth der kleine See von Salzungen in grosse Aufregung, und Aehnliches zeigte ein See bei Templin in der Uckermark. Der Loch Lomond, der Loch Ness, und andere Seen Schottlands stiegen wiederholt 2 bis 3 Fuss über ihre Ufer, und der Wenersee in Schweden wurde sehr auffallend beunruhigt.

Von den eigentlichen, mitten in der offenbaren See eintretenden Meeresbeben, oder von den Stössen und Erzitterungen grosser oceanischer Wassermassen ist schon oben S. 197 beiläufig die Rede gewesen. Sie scheinen oft in einer blosen Fortpflanzung der Erschütterung des Meeresbodens begründet zu sein, ohne dass mit ihnen besonders auffallende Schwankungen des Meeresspiegels verbunden sind. So wurden nach Caldcleugh, während des Erdbebens in Chile am 20. Februar

*) *Lyell*, *Principles*, 7. ed., p. 444.

1835, Schiffe, die bis 100 Engl. Meilen von der Küste entfernt segelten, von heftigen Stössen erschüttert. Bei dem grossen Erdbeben von Lissabon im Jahre 1755 empfand man auf Schiffen westlich von Lissabon, so wie bei St. Lucar, im tiefen Fahrwasser gerade solche Stösse, als ob sie gestrandet wären; und als Lissabon am 2. Februar 1816 erschüttert wurde, hatte man dieselbe Empfindung auf zwei Schiffen, von denen sich das eine 120, das andere 262 Lieues westlich von Lissabon befand *). In dem Meere der Molukken wurde das Schiff, auf welchem sich Le Gentil befand, bei einem Erdbeben dermaassen erschüttert, dass die Kanonen aufwärts sprangen und die Strickleitern zerrissen, und als Valdivia am 7. November 1837 zerstört wurde, erhielt ein Walfischfahrer unweit der Insel Chiloë so heftige Stösse, dass er seine Maste verlor.

Noch weit auffallender geben sich jedoch die Wirkungen der Erdbeben auf das Meer an den Küsten der Continente und Inseln zu erkennen, wo sie die heftigsten Schwankungen des Meeresspiegels, und plötzliche Ueberfluthungen des Landes oder auch plötzliche Rückzüge des Meeres verursachen, welche Erscheinungen sich gewöhnlich in raschem Wechsel mehrfach wiederholen und ausserordentliche Verheerungen anrichten können.

So erhob sich, etwa eine Stunde nach den ersten heftigen Stössen des Erdbebens von Lissabon, das Meer plötzlich vor den Mündungen des Tajo, und stieg, ungeachtet die Ebbe bereits eingetreten war und der Wind vom Lande her wehte, sehr rasch bis zu 40 Fuss Höhe über den höchsten Fluthstand, stürzte sich in die Strassen der Stadt, und verursachte dort grosse Verwüstungen **). Eben so schnell strömte diese Fluthwoge wieder zurück, brach aber noch drei bis vier Mal mit verminderter Höhe und Heftigkeit wieder in das Land ein, bevor das Meer seinen gewöhnlichen Stand annahm. An der ganzen Westküste Portugals fand dieselbe Bewegung in mehr oder weniger starkem Grade Statt, und richtete vielorts grossen Schaden an; sie erstreckte sich auch südlich bis an die Strasse von Gibraltar, und erreichte namentlich bei Cadix einen ausserordentlich hohen Grad von Heftigkeit. Obgleich dort das eigentliche Erdbeben keine bedeutenden Zerstörungen verursacht hatte, so stieg doch bald nachher das Meer etwa in 8 Seemeilen Entfernung zu einer 60 Fuss hohen Woge an, welche sich mit grosser Geschwindigkeit gegen das Land fortwälzte und daselbst mit so fürchterlicher Gewalt anprallte, dass sie Wälle und Mauern zerstörte, Kanonen vom schwersten Kaliber bis 100 Fuss weit fortrollte, und die Landzunge zerriss, durch welche der Felsen von Cadix mit dem Festlande in Verbindung steht. Sie stürzte wieder eben so schnell

*) v. Hoff, Geschichte der Veränderungen u. s. w., Bd. II, S. 275.

**) Indess ist zu bemerken, dass diesem Einbruche des Meeres ein Rückzug desselben vorausgegangen war, wie denn überhaupt diese Bewegungen sehr häufig mit einem Zurückweichen des Meeres beginnen.

zurück, als sie gekommen war, wobei der Meeresgrund auf grosse Breite entblöst wurde, und kehrte dann noch einige Mal mit geringerer Heftigkeit wieder. Dass aber dieselben Schwankungen einen grossen Theil des Atlantischen Oceans betroffen haben, ergiebt sich daraus, weil sie auch an vielen anderen Küsten, wie z. B. auf den Azorischen und Canarischen Inseln, in Grossbritannien und auf den kleinen Antillen in bedeutendem Grade verspürt worden sind. Auf Madeira stieg das Meer bei Funchal vier bis fünf Mal 15 Fuss, eben so viel auf Antigua und Martinique, auf Barbados aber sogar 20 Fuss über seinen Mittelstand; und an den Küsten von Cornwall schwoll es zu einer Höhe von 8 bis 10 Fuss.

Als Lima am 28. October 1746 zerstört worden war, erhob sich am Abend desselben Tages in der nahen Hafenstadt Callao das Meer 80 Fuss über seinen gewöhnlichen Stand, brach in die Stadt ein, und zerstörte sie so völlig, dass nur wenig von ihr sichtbar blieb, und fast die ganze Bevölkerung vertilgt wurde. Von denen gerade im Hafen liegenden 23 Schiffen versanken 19 auf der Stelle, während die 4 übrigen fast eine Stunde weit jenseits der Stadt auf das Land gesetzt wurden; einzelne Menschen sollen 2 Stunden weit fortgespült worden sein. Aehnliches ereignete sich bei dem Erdbeben auf Jamaica im Jahre 1692; das Meer wälzte sich mit fürchterlicher Gewalt in die Strassen der Stadt Port-Royal, und eine Fregatte wurde über die Häuser weg geschwemmt, und mitten in der Stadt auf dem Dache eines Hauses niedergesetzt.

Die in Chile, nordöstlich von Conception liegende Stadt Penco ist seit dem Jahre 1590 viele Mal solchen verheerenden Einbrüchen des Meeres ausgesetzt gewesen, und im Jahre 1751 durch ein ähnliches Ereigniss gänzlich zerstört worden. Gleichzeitig fand eine Ueberfluthung der 90 Meilen weit draussen im Ocean liegenden Insel Juan-Fernandez Statt.

Bei dem Erdbeben, welches am 20. Februar 1835 Chile so fürchterlich heimsuchte und Valdivia und Conception zerstörte, brach das Meer mit solcher Gewalt in die Stadt Talcahuano ein, dass sie bis auf die Grundmauern fast gänzlich weggeschwemmt wurde; Darwin sah die ganze Küste mit so vielen fortgespülten Balken und Hausgeräthen bedeckt, als ob dort tausend grosse Schiffe gestrandet und zerschellt wären *). Fitz Roy bemerkt übrigens ausdrücklich, dass sich die See nach dem Erdbebenstosse erst zurückzog, so dass die Schiffe, selbst bei 7 Faden Wasser, auf den Grund geriethen, und alle Untiefen sichtbar wurden; bald nachher aber stürzte das Meer mit einer 20 F. hohen Woge in die Bay zurück.

In manchen Fällen ist nur ein vorübergehendes Zurückweichen des Meeres beobachtet worden. So zog sich z. B. bei dem Erdbeben von Caracas im Jahre 1812 das Meer aus dem grossen Meerbusen von Maracaibo so weit zurück, dass derselbe zum Theil trocken gelegt wurde; und als im Jahre 1538 der Monte Nuovo bei Puzzuoli gebildet wurde, trat das Meer ebenfalls bei Bajä auf eine grosse Strecke zurück.

Diese auffallenden Schwankungen des Meeres scheinen gewöhnlich (wie schon in der Anmerkung S. 244 bemerkt wurde) mit einem Rück-

*) *Voyages of the Adventure and Beagle, III. p. 370.*

zuge des Wassers zu beginnen; auch hat Parish durch eine Zusammenstellung aller Beobachtungen über die Erdbeben an der Westküste Südamerikas nachgewiesen, dass dies dort in der Regel der Fall gewesen ist. Da sich die Erscheinung auf ähnliche Weise schon bei dem Erdbeben von Lissabon ereignet hatte, so glaubte Mitchell sie durch die Annahme erklären zu müssen, dass bedeutende Wassermassen plötzlich von grossen, unter dem Meeresgrunde befindlichen Höhlen verschluckt würden, nachdem die Deckengewölbe dieser Höhlen in Folge einer raschen Condensation der sie erfüllenden Dämpfe zersprengt worden.

Andere haben die Ursache der Erscheinung in einer plötzlichen Erhebung des Landes und angränzenden Meeresgrundes gesucht, wodurch das Meer zurückweichen, dann aber, bei dem Herabsinken des Landes in sein vorheriges Niveau, mit grosser Gewalt wieder landeinwärts dringen müsse. Wenn nun auch diese Erklärung in vielen Fällen richtig sein dürfte, so reicht sie doch keinesweges in allen Fällen aus; namentlich verlässt sie uns dann, wenn, wie z. B. bei dem Erdbeben von Lissabon, die erste Bewegung sowohl an der Küste des Festlandes, als auch an weit entfernten Inseln (wie z. B. an der Insel Madeira) in einem Rückzuge des Meeres besteht; weil offenbar das Zurückfallen des Meeres an der Portugiesischen und Afrikanischen Küste zuerst ein Steigen des Wassers auf den vorliegenden Inseln veranlassen musste.

James Hall erklärte die Erscheinung aus einer plötzlichen Erhebung eines Theils des Meeresgrundes, durch welche die ganze, unmittelbar aufliegende Wassermasse rasch aufwärts gedrängt werde, was anfangs einen Nachzug des Wassers von den benachbarten Küsten her zur Folge habe, welchem dann eine starke Rückfluth folgen müsse.

Darwin nahm an, dass von einer unfern des Landes liegenden Erschütterungslinie des Meeresgrundes eine gewaltige Undulation des Wassers ausgehe, welche bei ihrem Fortschreiten gegen das Land einen partiellen Rückzug des Meeres veranlassen müsse, bevor sie die Küste selbst erreicht.

Endlich hat Mallet die Ansicht aufgestellt, dass sich, wenn die Erschütterungen von einem Theile des Meeresgrundes ausgehen, allemal zwei Wellensysteme ausbilden, von welchen das eine in der festen Erdkruste dem andern in der Wassermasse vorauseilt, so dass die Meereswoge das Land erreicht, nachdem die eigentliche Erdbebenwelle schon durchgegangen ist*). Diese Ansicht, welche Mallet mit allen Verhält-

*) *Lyell, Principles*, 7. *ed.*, *p.* 476 f.

nissen der Meeresbeben und Meeresschwankungen in Uebereinstimmung zu bringen sucht, steht allerdings mit der vielfach beobachteten Thatsache in Einklang, dass die Meereswoge erst dann hereingebrochen ist, nachdem die Erschütterungen des Erdbebens vorüber waren.

§. 75. *Permanente Hebungen des Erdbodens durch Erdbeben.*

Zu den merkwürdigsten und für die ganze Entwickelungsgeschichte der Erdoberfläche bedeutsamsten Wirkungen der Erdbeben gehören unstreitig die permanenten Erhebungen und Senkungen grösserer oder kleinerer Theile der äusseren Erdkruste. Diese, nicht nur historisch nachgewiesenen, sondern auch oft durch die genaueste wissenschaftliche Prüfung bestätigten Wirkungen der Erdbeben eröffnen uns den Blick auf eine Reihe von anderen Erscheinungen, über welche zwar jede historische Tradition fehlt, weil sie grossentheils einer vorgeschichtlichen Zeit angehören, welche aber die überzeugendsten Beweise für eine gleichartige Entstehung so vollständig an sich tragen, dass solche durchaus nicht in Zweifel gestellt werden kann. Endlich schliessen sich an alle diese, durch wirkliche Erdbeben hervorgebrachten Hebungen und Senkungen noch andere ähnliche Bewegungen der Erdoberfläche an, welche aber nicht durch eine rasch und heftig, sondern durch eine langsam und stetig wirkende Kraftäusserung des Planeten hervorgebracht werden, so dass Jahrhunderte vergehen können, während welcher die Bewegung in demselben Sinne, entweder aufwärts oder abwärts Statt findet. Während daher die durch Erdbeben bewirkten Hebungen und Senkungen in kurzer Zeit und gleichsam mit einem Rucke vollbracht werden, so vollenden sich diese anderen Bewegungen in sehr langen Zeiträumen und ganz allmälig; weshalb wir beide mit Sartorius von Waltershausen als instantane und säculare Dislocationen der Erdoberfläche unterscheiden können*). Wir beschäftigen uns nun zunächst mit den instantanen Dislocationen, wie solche bisweilen durch Erdbeben hervorgebracht werden.

Die meisten Erdbeben pflegen freilich nur vorübergehende Wirkungen zu äussern, und keine anderen Spuren zu hinterlassen, als diejenigen, welche sich in der Zerstörung von Gebäuden und allenfalls in der Zerreissung und Spaltung des Erdbodens zu erkennen geben; nur selten bringen sie auffallende Umgestaltungen des Bodens hervor, so dass ganz

*) Sartorius, Ueber die submarinen vulcanischen Ausbrüche des Val di Noto, S. 54.

neue Formen oder doch neue Niveau-Verhältnisse des Terrains als unvergängliche Denkmale der einstmaligen Bewegung zurückbleiben.

Wir haben schon bei der Lehre von den Vulcanen in den Erhebungskegeln und Bergeinstürzen gewisse Phänomene der Erhebung und der Einsenkung kennen gelernt (§. 59 und 60). Wie nun aber überhaupt die vulcanischen und die plutonischen Wirkungen nur verschiedene Aeusserungen der abyssodynamischen Thätigkeit unsers Planeten sind, so finden wir auch, dass die plutonischen eben so wie die vulcanischen Erdbeben solche permanente Umgestaltungen und Dislocationen der äusseren Erdkruste verursachen können. Nur werden sich bei den vulcanischen Erdbeben diese Wirkungen mehr auf einem beschränkten Raume in der unmittelbaren Nachbarschaft des betreffenden Vulcans zu erkennen geben, während sie sich bei den plutonischen Erdbeben zuweilen über sehr grosse Landstriche verbreiten. In beiden Fällen aber sind es besonders Hebungen oder Senkungen, auf welche sich solche Wirkungen zurückführen lassen.

Es muss jedoch gleich anfangs aufmerksam darauf gemacht werden, dass zuweilen Verwechslungen zwischen den Erhöhungen und den Hebungen, so wie zwischen den Aushöhlungen und den Senkungen des Bodens vorgekommen sind, wodurch gewisse Erscheinungen eine ganz falsche Auslegung erfahren haben*). Der Erdboden kann zwar auch durch vulcanische Thätigkeit, eben so wie durch die Arbeiten anderer Naturkräfte, erhöht werden, indem sich z. B. Schichten von Auswürflingen oder Lavaströme auf ihm ausbreiten; dann ist es neues Material, welches auf der bereits vorhandenen Oberfläche abgesetzt wird und solche dem Blicke entzieht, ohne dass sich doch die relative Lage derselben verändert. Wird aber der Boden erhoben, so ändert sich das Niveau der Oberfläche, ohne dass sie nothwendig aufhört, als Oberfläche fortzubestehen**). Auf der andern Seite kann der Erdboden durch die vulcanische Thätigkeit vertieft werden, indem sein Material bis auf eine gewisse Tiefe zertrümmert und fortgeschleudert wird; dann wird allerdings partiell eine neue Oberfläche gebildet, ohne dass doch die frühere Oberfläche eine Aenderung ihres Niveaus erfährt. Wenn wir also von Hebungen und Senkungen sprechen, so sind darunter weder die durch Addition von neuem Material gebildeten Erhöhungen, noch die durch Subtraction von altem Material gebildeten Vertiefungen, sondern lediglich die durch aufwärts oder abwärts gerichtete Dislocationen des Bodens bewirkten Niveau-Aenderungen zu verstehen.

Die Resultate dieser Dislocationen werden nun freilich sehr verschieden ausfallen, je nachdem sich die Bewegung selbst auf einen kleine-

*) Wie z. B. wenn manche vulcanische Aufschüttungskegel für Erhebungskegel, oder manche Explosionskratere für Einsenkungskratere gehalten worden sind.

**) v. Hoff, Geschichte der natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, II, S. 8 f.

ren oder auf einen grösseren Theil der Erdoberfläche bezieht, und je nachdem die absolute Grösse der Niveau-Aenderung mit kleinerem oder grösserem Werthe hervortritt. Wenn also einerseits nur einzelne Hügel oder Berge aufsteigen, so können anderseits ganze Länder emporgedrängt werden, und wenn die Erhebung bisweilen nur einige Zoll beträgt, so kann sie in andern Fällen viele Fuss erreichen.

Uebrigens haben sich diese Erhebungen des Bodens nicht selten in einer und derselben Gegend zu verschiedenen Zeiten wiederholt, so dass das Land stufenweise in ein höheres Niveau gerückt ist, und zuweilen ein successives Aufsteigen um mehre hundert Fuss nachgewiesen werden kann.

Alle diese permanenten Erhebungen des Erdbodens sind am deutlichsten und sichersten an den Meeresküsten solcher Länder zu beobachten, welche häufigen Erdbeben unterworfen sind. Denn der mittlere Stand des Meeresspiegels liefert ein ziemlich unveränderliches Niveau, auf welches die Veränderungen in der Lage des Landes bezogen werden können, und den Küstenbewohnern muss sich schon eine kleine Aenderung in dem relativen Stande des Meeresspiegels als eine sehr auffallende Erscheinung zu erkennen geben. Dazu kommt, dass sich am Meeresstrande, während längerer Perioden eines constanten Wasserstandes, eigenthümliche Bildungen und Merkmale entwickeln, welche in dem gehobenen Küstenlande noch die ehemaligen Strandlinien erkennen lassen, und daher ein unzweifelhaftes Zeugniss selbst für solche Erhebungen liefern, von denen die Geschichte schweigt.

Wenn sich auch ähnliche Ereignisse mitten in den Continenten begeben, so werden sie dort nur selten in auffallender Weise hervortreten können, weil das Land mit allen seinen Gegenständen gleichmässig gehoben oder gesenkt wird, ohne dass sich irgend ein allgemein verbreiteter Gegenstand der Bewegung entzieht, wie solches an den Küsten mit dem Meeresspiegel der Fall ist. Im Binnenlande würden sich daher geringe Hebungen oder Senkungen grösserer Landstriche besonders an den Veränderungen zu erkennen geben, welche in der Geschwindigkeit der Flüsse und in den davon abhängigen Verhältnissen der Fluss-Sedimente eintreten müssten*). Bedeutendere Niveau-Aenderungen kleinerer Landstriche müssten sich durch das Hervortreten oder Verschwinden gewisser Gegenstände am

*) Die genauen Nivellements-Linien, von denen gegenwärtig grosse Strecken der cultivirten Länder in den Eisenbahnen durchzogen werden, dürften für die Zukunft ein sehr sicheres Anhalten zur Erkennung der etwa Statt findenden säcularen Hebungen oder Senkungen in den Binnenländern der Continente gewähren.

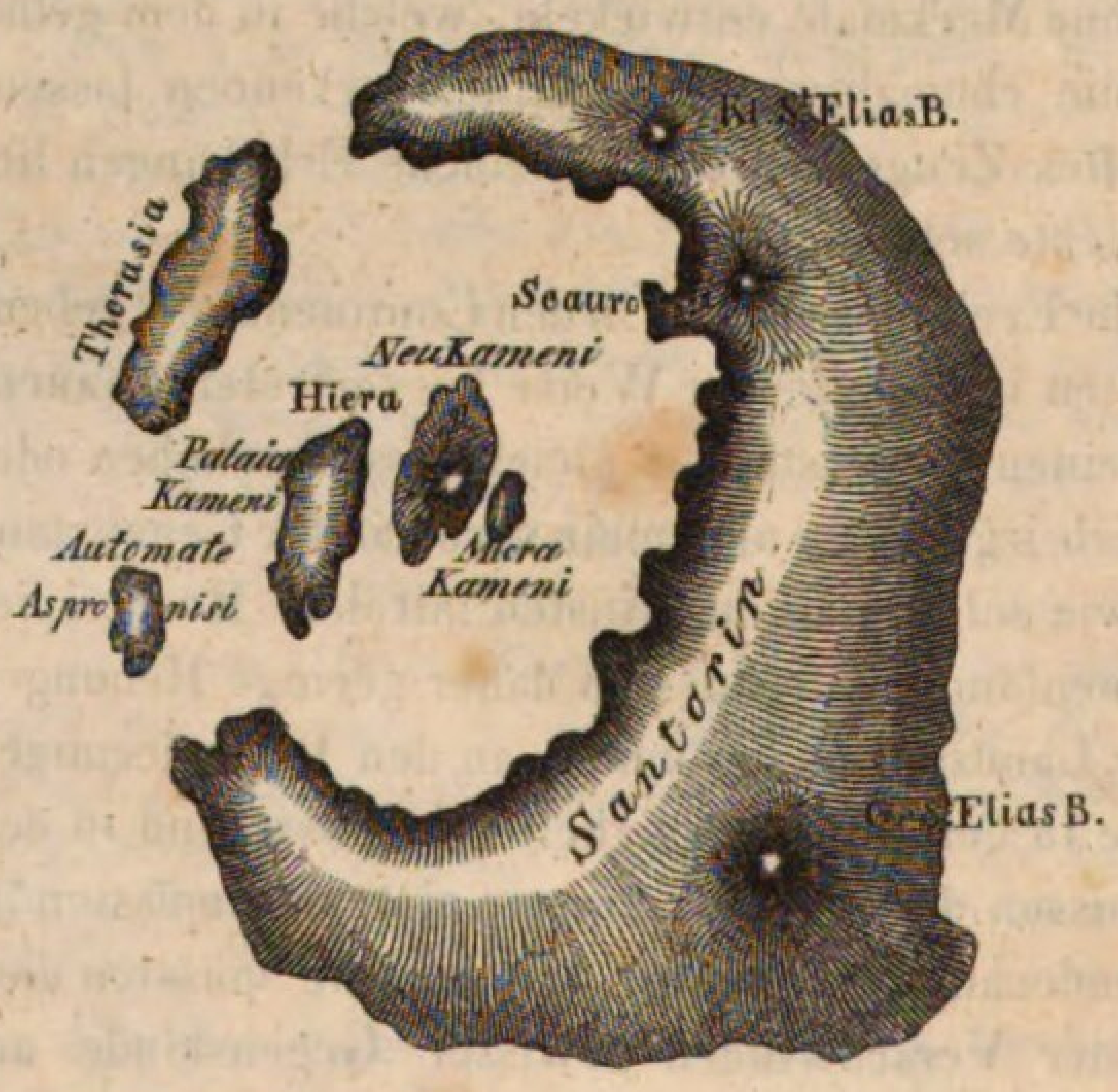
Horizonte der Landschaft offenbaren*). Sehr bedeutende Hebungen oder Senkungen hoher Gebirgsländer würden natürlich ein relatives Fallen oder Steigen der Schneegränze und der Vegetationsgränzen zu Folge haben**), wie denn überhaupt jede grössere Niveau-Aenderung eine angemessene Veränderung der Mitteltemperatur und des Klimas nach sich ziehen würde.

§. 76. *Beispiele von Hebungen durch Erdbeben.*

Von den vielen Beispielen einer wirklichen Erhebung, welche theils durch vulcanische, theils durch plutonische Erdbeben verursacht worden ist, mögen nur einige angeführt werden.

Humboldt erwähnt, dass in der Mitte des 18. Jahrhunderts an der Küste der canarischen Insel Lanzarote, nach einem Ausbruche des Vulcans Temanfaya, zwei Basaltfelsen aus dem Meere heraufstiegen, und, durch Erhebung des dazwischen liegenden Landes, mit der Insel selbst in unmittelbare Verbindung gesetzt wurden, wie diess noch gegenwärtig der Fall ist. Nach einer im Jahre 1820 auf der Insel Banda Statt gefundenen Eruption stieg in einem Meerbusen auf der Ostseite der Insel, aus dem 60 Faden tiefen Meeresgrunde, eine grosse Basaltmasse zu solcher Höhe auf, dass sie mehre nicht ganz unbedeutende Hügel bildete.

Sehr interessant sind die Erhebungs-Phänomene, welche sich im Laufe der Zeit in der Nähe der Insel Santorin oder Thera im Griechischen Archipelagus ereignet haben.



Diese merkwürdige, grösstentheils vulcanische Insel hat eine hufeisenförmige Gestalt, deren innerer Contour fast zwei Drittel eines Kreises bildet; das westliche Drittel dieses Kreises ist nur theilweise in den beiden Inseln Therasia und Aspronisi als Land ausgebildet. In der Mitte des von diesen drei Inseln umschlossenen kraterförmigen Meeresbassins liegen die Inseln Hiera, Nea-Kammeni und Mikra-Kammeni. Nach der Lage,

*) Solches Sichtbarwerden oder Unsichtbarwerden entfernter Gegenstände soll auch wirklich in mehren Gegenden Würtembergs und Thüringens beobachtet worden sein. Vergl. Zeune, in Berghaus Annalen der Erdkunde, XV, 1836, S. 221 f. und Isis 1837, S. 476.

**) Dergleichen Erscheinungen sind mehrfach in Norwegen beobachtet worden.

Form, Zusammensetzung und Architektur der äusseren drei Inseln ist es gar nicht zu bezweifeln, dass sie ehemals ein zusammenhängendes Ganzes, eine einzige ringförmige Insel, wahrscheinlich einen Erhebungskrater*) bildeten, wie diess auch für die Insel Therasia durch Plinius bestätigt wird, welcher an einer Stelle ausdrücklich berichtet, dass sie nach einem heftigen Erdbeben von Thera oder Santorin losgerissen worden sei. Nach den Nachrichten von Plutarch, Justinus, Pausanias u. A. ist nun innerhalb des Erhebungskraters, ungefähr um das Jahr 186 vor Christi Geburt, zuerst die Insel Hiera oder Paläa Kammeni aufgestiegen. Im Jahre 19 nach Chr. entstand nahe dabei die kleine Insel Thia, welche jedoch dadurch, dass Hiera später wiederholt, und noch in den Jahren 726 und 1427, höher emporgedrängt wurde, als selbständige Insel verschwunden und zu einem Theile von Hiera geworden ist. Im Jahre 1573 bildete sich die Insel Mikra-Kammeni durch eine Eruption aus. Endlich begann im Jahre 1707 die Bildung der Insel Nea-Kammeni mit einer Erhebung des aus Bimssteintuff bestehenden Meeresgrundes, an welchem bei seinem Auftauchen noch eine grosse Menge von frischen Austern ansassen; nahe dabei bildete sich ein Vulcan, dessen Auswürfe bald eine Verbindung mit dem erhobenen Meeresgrunde herstellten, und in wenig Jahren die Insel, so wie sie jetzt erscheint, mit einem 330 Fuss hohen Kegel vollendeten**). Nach Virlet ist noch gegenwärtig ein Theil des Meeresgrundes zwischen Mikra-Kammeni und Santorin im Steigen begriffen; denn im Jahre 1810 hatte diese, etwa 2500 F. lange und 1500 F. breite Region des Meeresgrundes noch 15 Faden Wasser über sich; im Jahre 1830 fanden sie Virlet und Bory nur noch 3 bis 4 Faden tief, und im Jahre 1835 wies der Admiral Lalande nur noch 2 Faden Tiefe nach, so dass wohl endlich ein Hervortreten über den Meeresspiegel zu erwarten ist***).

Ein gleichfalls sehr interessantes Beispiel von einer durch vulcanische Erdbeben verursachten bedeutenden Auftreibung des Bodens liefert der Vulcan Jorullo in Mexico. Dieser Berg, welcher in der dortigen Vulcanreihe zwischen den Vulcanen von Toluca und Colima liegt, ist erst im Jahre 1759 gebildet worden; bis dahin befand sich an seiner Stelle eine fruchtbare und wohl angebaute Fläche. Im Juni vernahm man starkes unterirdisches Getöse, auf welches heftige Erderschütterungen folgten, die über zwei Monate lang fortdauerten, bis sich endlich im September die Erde öffnete, und Ströme von basaltischer Lava nach verschiedenen Richtungen hin ergossen, wodurch eine sehr bedeutende bis 480 F. betragende Erhöhung der ganzen Gegend eintrat, welche mit einem 30 bis 35 Fuss hohen steilen Abfalle, dem Rande der Lava-

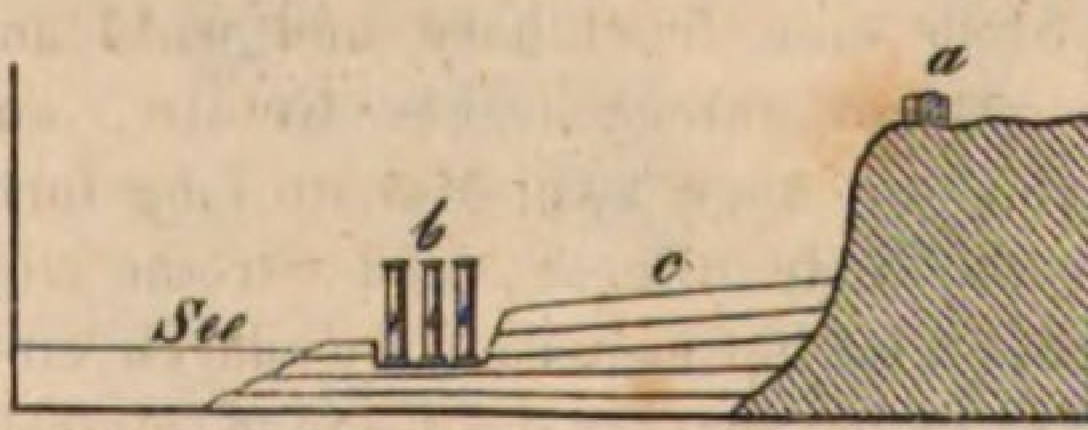
*) Wenigstens ist die Beobachtung von Virlet, auf welche so viel Gewicht gelegt worden ist, dass nämlich die Blasenräume der Lavaströme alle von dem Mittelpuncte des ganzen Inselsystemes nach aussen hin in die Länge gezogen sind, durchaus nicht als ein entscheidender Beweis gegen die Ansicht zu betrachten, dass Santorin ein Erhebungskrater sei.

**) Eine ausführliche und kritische Zusammenstellung aller Nachrichten über diese Ereignisse bei Santorin gab v. Hoff in: Geschichte der nat. Veränd. der Erdoberfl., II, S. 153 f.

***) *Virlet*, in *Bulletin de la soc. géol.*, *t. III*, *p.* 104 und *t. VII*, *p.* 261.

ströme, in das umgebende Land abfiel. In der Mitte dieses von der Lava gebildeten Plateaus, des sogenannten Malpais, fand aber noch ausserdem längs einer Spalte eine bedeutende Erhebung Statt, durch welche ausser 6 kleineren Kegeln auch der Jorullo als ein Berg entstand, der 1550 Fuss über die Ebene aufsteigt; an seinem Gipfel war er mit einem länglichen, zum Theil spaltenähnlichen Krater versehen, aus welchem noch viele Schlacken und andere Auswürflinge ausgeschleudert, auch wohl kleinere Lavaströme ergossen wurden, während er in der Tiefe des Kraters aus mächtigen, senkrecht abgeschnittenen Basaltmassen besteht, welche da, wo sie sichtbar sind, sehr gleichmässig nach aussen abfallen, und sowohl ihrer Lage als ihrer Structur nach dem grössten Lavastrome des Malpais anzugehören scheinen*).

Einen der überzeugendsten Beweise für die Wirklichkeit abwechselnder Hebungen und Senkungen des Landes liefern die Ueberreste des sogenannten Serapis-Tempels, dicht an der Meeresküste bei Puzzuoli unweit Neapel. In den Ruinen desselben befinden sich noch drei aufrecht stehende Marmorsäulen von 40 F. Höhe, jede aus einem Stücke gearbeitet; doch ist nach Basil Hall ihre gegenwärtige Stellung nicht genau vertical, sondern etwas nach dem Meere zu geneigt; auch der Fussboden des Tempels fällt einige Zoll gegen das Meer hin ab, und liegt jetzt so tief, dass er gewöhnlich vom Meerwasser überschwemmt ist. Die Oberfläche der drei aufrechten Säulen ist bis zu 12 F. Höhe glatt und unverletzt, dann aber auf 9 F. hoch von vielen Löchern einer Bohrmuschel, der *Modiola lithophaga*, durchbohrt, deren Schalen nicht selten noch in den Löchern zu finden sind. Als man den Tempel im Jahre 1749 entdeckte, ragten die Säulen nur mit ihrer oberen Hälfte aus den neuen Schichten von Lapilli und vulcanischem Sande heraus, welche bis an den Steilabfall des Terrains unter der Villa Cicero's fortsetzen und offenbar unter dem Meeresspiegel abgesetzt worden sein müssen, weil sie stellenweise viele Schalen von solchen Muschelspecies umschliessen, wie sie noch jetzt im dortigen Meere leben. Erst nach Wegräumung dieser Schichten sind die Ueberreste des Tempels so blos gelegt worden, wie sie noch gegenwärtig erscheinen. Die Gesammtheit aller hier vorliegenden Erscheinungen beweist also unwiderleglich, dass die Ruinen des Serapistempels, dessen Fussboden doch ursprünglich gewiss nicht in, sondern wenigstens einige Fuss über dem Niveau des Meeresspiegels gegründet worden war, durch eine Senkung der Küste eine Submersion unter den Meeresspiegel von wenigstens 23 Fuss, später aber wiederum durch eine Erhebung der Küste eine Emersion über den Meeres-



a) Cicero's Villa.
b) Säulen des Serapistempels.
c) submarin gebildete vulc. Schichten.

*) Bei dieser Schilderung des Jorullo sind die neuesten Angaben benutzt worden, welche Emil Schleiden mitgetheilt hat; (Fortschritte der Geographie und Naturgeschichte, Bd. II, 1847, S. 17 ff.). Die erste Kenntniss und ausführliche Beschreibung des merkwürdigen Ereignisses verdankt man Humboldt; später gab Burkart eine Schilderung des Jorullo, in Karstens Archiv für Min. u. s. w., Bd. V, S. 157 ff.

spiegel bis in ihre gegenwärtige Lage erfahren haben müssen. Die Senkung kann successiv und zu verschiedenen Malen erfolgt sein; doch dürfte sie wohl hauptsächlich bei der letzten Eruption der Solfatara im Jahre 1198 Statt gefunden haben. Starke Schauer von vulcanischen Auswürflingen überschütteten den neu gebildeten Meeresgrund allmälig so hoch, dass die Säulen mit ihrem unteren Theile darin begraben, und nur weiter aufwärts von den Bohrmuscheln benagt werden konnten. Die später erfolgte Erhebung der Küste scheint ebenfalls zu verschiedenen Malen eingetreten zu sein, doch mag sich die bedeutendste Erhebung im Jahre 1538 bei der Bildung des Monte Nuovo (vergl. S. 150) ereignet haben, weil diese Eruption, nach den Berichten von Falconi und Anderen, ganz entschieden mit einer auffallenden Hebung des dortigen Littorals verbunden gewesen ist*). Uebrigens finden sich an der ganzen Küste bis gegen Sorrento hin so viele Beweise von Hebungen und Senkungen, dass der Serapistempel von Puzzuoli nur deshalb besonders interessant erscheint, weil er den Beweis für beide Bewegungen zugleich liefert. Nach Hullmantel und Niccolini ist die Küste bei Puzzuoli gegenwärtig im Sinken begriffen**).

Bei dem Erdbeben von Cutch im Jahre 1819 wurde ein langer und breiter Landstrich im östlichen Theile des Indusdelta nördlich von Sindree zwar nur 10 Fuss hoch, aber permanent erhoben; die Länge dieses Landstrichs beträgt etwa 11, die Breite bis 3 geogr. Meilen, und da er sich wie ein niedriger Damm durch die Ebene des Delta zieht, so erhielt er von den Bewohnern Sindree's den Namen Ullah-Bund oder Gottesdamm. Im Jahre 1826 wurde er von dem östlichen Arme des Indus durchbrochen.

Die grossartigsten Erhebungen der Art sind aber in Chile vorgekommen, wo sich die Erscheinung bei verschiedenen Erdbeben wiederholt auf sehr grosse Landstriche ausgedehnt hat, wenn auch die absolute Grösse der Erhebung jedesmal nur einige Fuss betrug. Nach dem heftigen Erdbeben am 19. Nov. 1822 fand man, dass die Küste von Chile auf grosse Distanzen um 3 bis 4 Fuss gehoben worden sei, so dass Austern, Patellen und andere dem Felsen ansitzende Muscheln nebst zahllosen Fischen ins Trockene gerathen und ganze Reihen von Austerbänken blos gelegt waren. Eine an einem Bache, 1 Engl. Meile landeinwärts liegende Mühle hatte auf nicht ganz 300 F. Länge 14 Zoll Gefälle gewonnen, woraus man folgerte, dass dort die Hebung noch bedeutender gewesen sein müsse, als dicht am Meeresstrande. Bei Quintero traten Riffe von Grünstein, welche vor dem Erdbeben stets unter Wasser geblieben

*) Vergl. *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 486 ff. Bronn, Ergebnisse naturhistorisch-ökonomischer Reisen, I, S. 392 ff. Hoffmann, in Karstens Archiv für Min., Bd. III, S. 375 ff. *Babbage*, im *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *vol. III*, *p.* 186 ff. und *James Smith*, *ibid.*, *p.* 237.

**) Niccolini sucht zu beweisen, dass die Neapolitanische Küste von Gaëta bis nach Amalfi bald höher bald tiefer gelegen, ihren höchsten Stand etwa 200 Jahre vor Chr., ihren tiefsten Stand zwischen dem 9. und 10. Jahrhundert erreicht habe, von da an bis zum Anfang des 15. Jahrhunderts wieder gestiegen, und dann bis auf den heutigen Tag gesunken sei. Die Niveaudifferenz der extremen Stände scheint 12 Meter, also etwas über 36 Par. F. zu betragen. *Comptes rendus*, *t.* 25, 1847, *p.* 506.

waren, nach demselben zur Zeit der Ebbe über den Wasserspiegel heraus; und Meyen, welcher im Jahre 1831 zu Valparaiso war, versichert, die Ueberreste der im Jahre 1822 über den Meeresspiegel erhobenen Seethiere und Tange noch damals an den Felsen ansitzend gefunden zu haben; nach seinen Beobachtungen und Erkundigungen ist die ganze Küste von Central-Chile ungefähr um 4 Fuss gehoben worden. Auch Freyer, Caldcleugh und Darwin haben die Sache bestätigt, und Mistress Graham, welcher man die ersten Mittheilungen über dieses interessante Phänomen verdankt, machte schon aufmerksam darauf, dass die Küste bei Valparaiso bereits in früheren Zeiten ähnliche Hebungen erlitten haben müsse, weil man dort mehre alte Strandlinien in verschiedenen Höhen über einander hinlaufen sieht.

Wenn nach so vielen Bestätigungen noch Zweifel an der Richtigkeit der Graham'schen Beobachtungen und Folgerungen obwalten könnten, so mussten solche gänzlich verschwinden, nachdem Fitzroy und Darwin die ganz ähnliche Erhebung nachgewiesen hatten, welche die Küste von Chile bei dem Erdbeben vom 20. Februar 1835 erfuhr. Aus ihren Beobachtungen ergiebt sich, dass damals das Festland um 4 bis 5 Fuss erhoben worden war, jedoch bis zum April desselben Jahres wieder bis auf 2 oder 3 Fuss über sein vorheriges Niveau zurücksank. Besonders interessant waren die Erscheinungen auf der, 6 Meilen westsüdwestlich von Conception liegenden Insel Santa-Maria. Diese in nordsüdlicher Richtung $1\frac{1}{2}$ Meilen lange Insel war an ihrem südlichen Ende 8 Fuss, in der Mitte 9 Fuss, und an ihrem nördlichen Ende über 10 Fuss hoch erhoben worden, daher man annehmen muss, dass der ganze umliegende Meeresgrund um etwa 9 Fuss aufwärts gestiegen sei; was auch durch wirkliche Sondirungen bestätigt wurde. Ein grosses flaches Felsenriff an der Nordseite der Insel, welches vor dem Erdbeben grösstentheils unter dem Wasser lag, war mit Tausenden von Muscheln über den Wasserspiegel heraufgetreten, so dass die Verwesung dieser Thiere einen unerträglichen Gestank verbreitete.

Eine noch neuere Hebung fand bei dem Erdbeben von Valdivia am 7. Nov. 1837 Statt; Capitain Coste, welcher 5 Wochen später die Insel Lemus im Chonos-Archipelagus besuchte, fand dort den Meeresgrund um 8 Fuss höher, als zwei Jahre vorher, und einige Klippen, welche ehemals immer unter Wasser standen, sah er über dem Wasser aufragen und bedeckt mit verwesenden Muscheln und Fischen.

Dass auch in früheren Zeiten durch Erdbeben an der Küste von Chile ähnliche Hebungen des Landes und Meeresgrundes verursacht worden sind, dafür giebt es viele theils historische, theils geologische Beweise. So ist es z. B. erwiesen, dass der Meerbusen von Conception vor der alten Hafenstadt Penco bei dem Erdbeben von 1751 dermaassen erhoben worden ist, dass sich seitdem kein Schiff auf mehr als auf $1\frac{1}{2}$ Engl. Meilen dem Hafen von Penco nähern konnte; und Beechey und Belcher fanden da Untiefen, wo es sonst 4 bis 5 Faden tiefes Fahrwasser gab; auch sahen sie über dem jetzigen Hochwasserstande Muschel-Ablagerungen derselben Species, welche noch jetzt in dem Meerbusen leben. Dieselben Muscheln finden sich auf den Glimmerschieferhügeln der Umgegend bis zu einer Höhe von mehren 100 Fuss.

Diese horizontal fortlaufenden Ablagerungen von Sand und Geröll mit zahlreichen Muscheln noch jetzt lebender Species bezeichnen nun aber so gewiss den Verlauf von ehemaligen Strandlinien, dass sie als entscheidende

Beweise ähnlicher Ereignisse betrachtet werden können, über welche uns gar keine geschichtlichen Ueberlieferungen mehr vorliegen. Berücksichtigen wir aber diese geologischen Beweise der Erhebung des Landes, so tritt uns die Erscheinung allerdings in einem weit grösseren Maassstabe entgegen, weil wir sie dann über eine weit grössere Zeit hinaus erfassen. Und so hat z. B. Darwin Beweise für die Erhebung der Küsten von Peru und Chile bis zu 400 und 500, ja stellenweise sogar bis zu 1000 und 1300 Fuss Höhe gesammelt.

§. 77. *Permanente Senkungen des Bodens durch Erdbeben.*

Der Erdboden kann durch die Erdbeben nicht nur gehoben, sondern auch gesenkt werden; doch scheinen dergleichen abwärts gerichtete Translocationen weniger häufig vorzukommen, und gewöhnlich auf kleinere Theile der Erdoberfläche beschränkt zu sein. Oft bestehen auch diese Senkungen nur in einseitigen Ablösungen und Rutschungen des Terrains, und unterscheiden sich dann nur dadurch von gewöhnlichen Landschlipfen, dass ihre nächste Ursache ein Erdbeben war. Doch giebt es auch Beispiele von Senkungen grösserer Landstriche durch Erdbeben, und eben so unterliegt es gar keinem Zweifel, dass sich gegenwärtig sehr grosse Theile der Erdkruste in einer sinkenden Bewegung befinden, ohne dass eigentliche Erdbeben dabei betheiligt sind.

Das Erdbeben von Calabrien im Jahre 1783 hat viele partielle Senkungen des Terrains verursacht, namentlich in den Thälern und Schluchten, welche das dortige, aus weicheren Schichten der Tertiärformation bestehende flache Plateau durchziehen. Die steilen Wände dieser bis 600 Fuss tiefen Thäler gaben zu einseitigen Ablösungen und Umkippungen Veranlassung, wodurch breite Landstreifen eine Senkung, und manche kleinere Landparcellen eine förmliche Fortbewegung erlitten. Auch längs der Gränze dieses Plateaus, wo sich seine Schichten an die Gebirgskette Calabriens anlehnen, haben sehr bedeutende Senkungen Statt gefunden, indem dort das ganze Schichtensystem gleichsam herabrutschte, so dass sich zwischen St. Giorgio und Sa. Christina eine über zwei geogr. Meilen lange Schlucht oder Kluft am Fusse des Granitabhangs ausbildete.

Bei Oppido öffnete sich ein Abgrund, welcher, ungeachtet eine gewaltige Masse von Erdreich mit Olivenbäumen und Weinstöcken hineinstürzte, dennoch eine kesselförmige Vertiefung von 500 F. Länge und 200 F. Tiefe zurückliess. Zu beiden Seiten der tief eingerissenen Schlucht von Terranuova lösten sich ungeheure Landstreifen bis zur Höhe des Plateaus ab und senkten sich in die Tiefe, wo einige derselben bis auf bedeutende Distanzen thalabwärts rutschten. Bei Mileto bewegte sich eine Landmasse von fast 1 ital. Meile Länge und ½ Meile Breite ziemlich eine Meile weit im Thale hinab; und bei Polistena wurde ein grosses Stück Land, auf welchem ein Theil der Stadt lag,

losgetrennt und mit sämmtlichen Häusern fast ½ Meile weit thalabwärts geschoben. Aehnliche Landsenkungen und Landschlipfe sind auch auf Java bei dem fürchterlichen Erdbeben von 1699 vorgekommen.

Bei dem grossen Erdbeben von Lissabon versank der aus Marmor erbaute neue Kai oder Hafendamm, auf welchen sich eine grosse Menschenmenge geflüchtet hatte, um sich vor den einstürzenden Gebäuden zu retten, plötzlich in die Tiefe, so dass nicht nur alle diese Menschen umkamen, sondern auch viele Boote und vor Anker liegende Fahrzeuge wie von einem Strudel verschlungen wurden. Nach Whitehurst soll an der Stelle des versunkenen Kais das Wasser 100 Faden tief geworden sein*).

Durch das Erdbeben auf Jamaica im Jahre 1692 wurde dicht bei Port-Royal ein Landstrich von 1000 Ackern in das Meer versenkt; die grossen am Hafen stehenden Magazine sanken bis 24 und 48 Fuss tief unter den Meeresspiegel, blieben aber dabei doch grossentheils aufrecht stehen; im Jahre 1793 konnte man noch bei hellem Wetter die Ruinen unter dem Wasser sehen, und Jeffery berichtet, dass ihm diess noch im Jahre 1835 möglich gewesen sei.

Bei dem Erdbeben von Bengalen im Jahre 1762 soll an der Küste bei Chittagong ein Landstrich von 60 Engl. Quadratmeilen plötzlich und auf immer unter das Meer gesunken sein; mehre Berge verschwanden spurlos, oder blieben nur noch mit ihren Gipfeln sichtbar.

Dass die Küste bei Neapel bei früheren Erdbeben bedeutende Senkungen erfahren haben muss, dafür haben wir bereits im Serapistempel bei Puzzuoli einen sehr interessanten Beweis kennen gelernt. Nicht weit nordwestlich von diesem Tempel sieht man an derselben Küste die Ruinen eines Neptuntempels und eines Tempels der Nymphen unter Wasser stehen, und an mehren Puncten des Meerbusens von Neapel laufen alte Römerstrassen vom Lande in das Meer hinein.

Während der Erdbeben im Mississippithale in den Jahren 1811 bis 1812 fanden zahlreiche und sehr ausgedehnte Senkungen Statt, so dass bisweilen Seen von 20 Engl. Meilen Durchmesser in Zeit von wenigen Stunden gebildet wurden. Der Grund und Boden der Stadt Neu-Madrid und das Ufer des Stromes, 15 Meilen weit aufwärts, sanken 8 Fuss unter ihr ursprüngliches Niveau. Ja, der gesunkene Landstrich**) soll sich von der genannten Stadt aus am White-Water und an dessen Zuflüssen 70 bis 80 Engl. Meilen in nordsüdlicher, und 30 Meilen in ostwestlicher Richtung erstrecken. Lyell sah noch im Jahre 1846 am Rande dieser Senkung viele ausgewachsene aber abgestorbene Bäume mit ihrem untern Ende im Wasser stehen, eine weit grössere Menge lag umgeworfen im Wasser, und der ganze Landstrich hatte oft den Charakter eines mit Seen und Lachen abwechselnden Morastes. Selbst die am Rande desselben auf trocknem Grunde stehenden Bäume aus jener Zeit

*) Dagegen bemerkt jedoch Lyell, dass nach Freeman im Jahre 1841 keine Stelle des Tajobettes tiefer als 30 Fuss lag, und demnach die so tiefe Versinkung des Kai im Jahre 1755 sehr räthselhaft wird, wenn man nicht annehmen will, dass sich eine weite Spalte geöffnet und wieder geschlossen habe.

**) *The sunk country* ist auch der Name, welchen dieser Landstrich in der Gegend führt.

waren zum Theil abgestorben, obgleich sie noch aufrecht standen; was man aus der Aufrüttelung erklärt, welcher ihre Wurzeln während der mehre Monate fortgesetzten Erschütterungen des Bodens ausgesetzt waren *).

Durch das Erdbeben von Cutch im Jahre 1819 haben die östlichen Gegenden des Indus-Delta eine gänzliche Umgestaltung erlitten. Während einerseits die Anschwellung des Ullah-Bund gebildet wurde, erfolgte südlich und östlich davon eine sehr ausgedehnte Senkung, welche bei Luckput 18 Fuss, an anderen Puncten 4 bis 10 Fuss Tiefe betrug, so dass der grösste Theil des gesunkenen Landstriches durch das einströmende Meer unter Wasser gesetzt, und der inländischen Schiffahrt ein ganz neuer Weg eröffnet wurde. Das Dorf und die Festung Sindree versanken mit, ohne jedoch umgestürzt zu werden, daher sie mit dem oberen Theile aus dem Wasser hervorragten. Nach den Angaben von A. Burnes wurde auf diese Weise in Zeit von wenig Stunden ein Raum von 2000 Engl. (oder 94 geographischen) Quadratmeilen in einen seichten Meerbusen oder eine Lagune verwandelt. Als er im Jahre 1828 nach den Ruinen der Festung Sindree fuhr, ragte blos noch ein einzelner Thurm 2 bis 3 Fuss aus der unabsehbaren Wasserfläche heraus, welche nur am nördlichen Horizonte durch einen ganz niedrigen blauen Landstreif, den Rücken des Ullah-Bund, begränzt erschien. Zehn Jahre später hatte die Lagune an Umfang und Tiefe etwas abgenommen, so dass ausser jenem Thurme auch noch anderes Gemäuer sichtbar war **). Jedenfalls bleibt diese, durch ein Erdbeben bewirkte Versenkung und Inundation eines Landstriches, welcher grösser als der dritte Theil des Königreiches Sachsen ist, eine der merkwürdigsten und lehrreichsten geologischen Erscheinungen.

§. 78. *Beweise vorgeschichtlicher Hebungen des Landes und Meeresgrundes.*

An die, in den vorhergehenden drei Paragraphen aufgeführten Beispiele von historisch beglaubigten instantanen Hebungen und Senkungen des Landes, welche unbezweifelt durch Erdbeben hervorgebracht wurden, lassen sich nun Beispiele von anderen, theils instantanen, theils ganz allmäligen Dislocationen der Erdoberfläche knüpfen, von welchen die ersteren zwar nur durch geologische Thatsachen erwiesen werden, einige der letzteren aber gleichfalls historisch documentirt, ja zum Theil noch vor unseren Augen im Gange sind, während sie doch insgesammt entweder durch Erdbeben, oder durch ähnliche abyssodynamische Bewegungen der Erdkruste verursacht worden sind, oder noch gegenwärtig verursacht werden.

Es besitzen aber die geologischen Beweise für die vorhistorischen, d. h. durch keine Tradition nachgewiesenen, dennoch aber ver-

*) *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 444.

**) *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 438 ff., wo auch eine Abbildung der Festung Sindree gegeben ist, so wie sie im Jahre 1838 erschien.

hältnissmässig neuen Hebungen und Senkungen des Erdbodens einen solchen Grad der Evidenz, dass ein pyrrhonischer Skepticismus dazu gehört, um die Richtigkeit der aus ihnen gezogenen Folgerungen zu bezweifeln. Diese Beweise liegen fast alle an den Meeresküsten der Continente und Inseln vor, und beruhen meist auf solchen Thatsachen, welchen wir schon bei den vorher geschilderten Dislocationen eine vollgiltige Beweiskraft zugestehen mussten. An den Küsten von Chile waren es z. B. die über den Meeresspiegel hervorgetretenen Muschelbänke, welche mit der grössten Evidenz eine wirkliche Hebung des Landes durch die Erdbeben von 1822 und 1835 darthaten. Denn dass es in der That eine Hebung des Meeresgrundes, und nicht eine Senkung des Meeresspiegels war (wodurch freilich ähnliche Erscheinungen hervorgebracht werden könnten), diess beweisen unwiderleglich die von Fitz Roy auf der kleinen Insel Santa Maria nachgewiesenen Verhältnisse, wo die an den Felsen ansitzenden Muscheln an der Nordseite 10 Fuss, an der Südseite nur 8 Fuss über den Wasserspiegel heraufgerückt waren, während ein Sinken des Meeres nothwendig eine gleiche Niveau-Differenz verursacht haben würde. Solche ungleiche Niveau-Differenzen sind aber längs der ganzen Küste von Chile bei beiden Erdbeben mehrorts nachgewiesen worden, und ausserdem lieferten uns ja der Serapistempel bei Puzzuoli, das Indusdelta, Calabrien und das Mississippithal so entscheidende Beweise für wirkliche Hebungen und Senkungen des Landes, dass jeder Zweifel daran verschwinden muss.

Die Producte und die Wirkungen des Meeres, dort wo es die Küste längere Zeit bespülte, sie sind es nun, welche gar häufig als unvertilgliche Denkmale seiner Anwesenheit auch da noch vorhanden sind, wo sich das Meer, in Folge einer Erhebung des Landes, schon lange zurückgezogen hat. Diese angespülten Massen von Schlamm, Sand und Geröllen, welche oft förmliche Uferterrassen bilden; diese Muscheln und sonstigen Ueberreste von Meeres-Organismen, welche bald sparsam, bald zahlreich in solchen Strandablagerungen vorkommen, ja nicht selten zu ganzen Muschelbänken angehäuft sind; sie finden sich nun, gerade so, wie sie in einzelnen Fällen vor unsern Augen trocken gelegt und einige Fuss hoch in das Land hinauf gerückt worden sind, sie finden sich auch gar häufig, zwar genau mit denselben Eigenschaften, aber ohne irgend eine traditionelle Bescheinigung ihrer Emersion, in weit grösseren Höhen über dem Meeresspiegel, bisweilen sogar in mehrfacher Wiederholung über einander, so dass sich an der Küste hin eine alte Strandlinie über der anderen nicht selten weit landeinwärts verfolgen lässt.

Wenn wir nun aber in manchen Gegenden die tiefsten dieser Strandlinien wirklich vor unseren Augen durch Erdbeben über den Meeresspiegel hervortreten sahen, wenn wir für sie die Ursache ihrer Emersion lediglich in jenen grossartigen Bewegungen der Erdkruste suchen und finden können; was ist da wohl natürlicher, als dass wir dieselbe Ursache auch für die höher liegenden und ganz ähnlich beschaffenen Strandlinien in Anspruch nehmen? — Wo sich uns die Ursache einer Erscheinung so augenscheinlich und handgreiflich aufdrängt, da kann sie nur von Denen abgeläugnet werden, welche einer vorgefassten Meinung zu Liebe absichtlich ihre Augen verschliessen und ihren Verstand in Fesseln legen.

Die an den Küsten der Festländer und Inseln hinlaufenden, mit den Ueberresten mariner Organismen erfüllten alten Uferterrassen, die an den Felsenwänden hoch über dem Meeresspiegel festsitzenden Schalen von Muscheln und Schnecken, Balanen und Serpeln, oder die ebendaselbst vorkommenden Erosionsformen, wie sie durch Bohrmuscheln und durch die Meeresbrandung gebildet werden, sind also in der That und mit vollem Rechte als unwiderlegliche Beweise einer Erhebung des Meeresgrundes und Landes zu betrachten; und zwar einer Erhebung, welche, wenn auch jede Tradition über sie fehlt, der jetzigen geologischen Periode angehört, sobald die organischen Ueberreste von denselben Species stammen, deren Individuen noch gegenwärtig in dem angränzenden Meere leben. Und nur solche, wenn auch vorhistorische, so doch der neuesten Periode angehörige Erhebungen sind es, mit welchen wir uns hier zunächst beschäftigen.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass Mistress Graham bei der Beschreibung der im Jahre 1822 erfolgten Erhebung der Küste von Chile, deren Augenzeuginn sie war, die Vermuthung aussprach, dass dieselbe Küste schon in früheren Zeiten ähnliche Hebungen erfahren haben müsse *). Sie stützte diese Vermuthung darauf, dass man längs der Küste bei Valparaiso ganz ähnliche Strandlinien, wie diejenige, welche im Jahre 1822 über den Meeresspiegel hervorgehoben wurde, mehrfach über einander in verschiedenen Höhen bis zu 50 Fuss hoch an den Granitfelsen fortlaufen sieht. Diese Strandlinien erscheinen, gerade so wie die damals gebildete, als horizontale Streifen des Felsgrundes, an welchen noch

*) Diese Vermuthung findet auch wenigstens zum Theil ihre historische Bestätigung in dem Erdbeben vom 24. Mai 1751, bei welchem der Hafengrund von Penco, wenn auch nicht um 24 Fuss, wie es weit später gefunden wurde, so doch bedeutend gehoben worden sein muss. *Lyell*, *Principles*, *p*. 479.

gegenwärtig Muscheln, Serpeln und Balanen festsitzen und alter Meeresschlamm abgelagert ist.

Darwin hat bestimmte Beweise dafür gefunden, dass das Continent von Südamerika seit der Schöpfung der jetzt lebenden Molluskenspecies an den Küsten wenigstens 400 bis 500 Fuss, im Inlande aber wahrscheinlich weit höher emporgetrieben worden sein muss. An der Küste bei Coquimbo sah er fünf bis sieben schmale Uferterrassen über einander, welche bei Guasco so breit wie kleine Ebenen werden und sich in den nach der Küste geöffneten Thälern über 7 geogr. Meilen verfolgen lassen. Schalen vieler Conchylien von jetzt lebenden Species liegen in dem Materiale dieser Terrassen, welches zum Theil als ein lockerer zerreiblicher Kalkstein von 20 bis 30 Fuss Stärke erscheint. Dass aber diese Küsten in der neuesten Periode nicht nur bis 400 und 500 Fuss, sondern stellenweise mehr als doppelt so hoch gehoben worden sein müssen, ergiebt sich daraus, weil er jene Conchylien sogar an Puncten von 1300 Engl. Fuss Höhe antraf*). Auf der Insel San Lorenzo bei Callao in Peru sah Darwin drei, durch Muschelbänke bezeichnete Strandlinien über einander; die tiefste lag nur wenig über dem Meeresspiegel, und enthielt die Conchylien in einem frischen und wohl erhaltenen Zustande; die zweite lag 85 Fuss hoch, und zeigte die Conchylien schon mehr oder weniger zersetzt; zwischen den Muscheln fand Darwin nicht nur Ueberreste von Seetang, sondern auch ein Stück baumwollenes Garn und geflochtenen Bast, zum Beweise, dass diese Hebung zu einer Zeit Statt gefunden hatte, als der Mensch schon existirte. Die oberste und älteste Muschelbank in 170 Fuss Höhe war gänzlich in Sand und Staub zerfallen**). Auch der auf der Ostseite der Anden liegende Theil Südamerikas, und namentlich das Land vom La Plata südwärts bis zum Feuerlande ist nach Darwin in der neuesten geologischen Periode zusammenhängend emporgehoben worden, und zwar in Patagonien zu 300 bis 400 Fuss Höhe. Die Erhebung fand dort in a c h t verschiedenen Epochen Statt, wie man an eben so vielen alten Uferterrassen erkennen kann***).

Diese Erhebung Patagoniens und des Landes am La Plata wird auch durch die Beobachtungen von Alcide d'Orbigny bestätigt. Im Hintergrunde der Bai von San Blas, zwischen dem Rio Colorado und Rio Negro, fand er, 6000 Fuss vom Meeresstrande und anderthalb Fuss über dem Niveau der höchsten Springfluthen, eine sehr mächtige Sand-

*) *Journal of a Voyage round the World*, 2. ed., *p.* 344 ff.

**) *Voyages of the Adventure and Beagle*, *III*, *p.* 451.

***) *Journal of a Voyage etc.*, *p.* 171.

schicht, in welcher Gypskrystalle und sehr viele Conchylien von solchen Species stecken, wie sie noch gegenwärtig in der Bai leben; diese Conchylien befanden sich noch in ihrer natürlichen Lage, und die zweischaligen zeigten noch beide Schalenklappen vereinigt; da die Fluth an der dortigen Küste über 24 Fuss hoch steigt, und die jetzt lebenden Thiere derselben Species unter dem Niveau der tiefsten Ebbe sitzen, so muss die Küste mit jener Sandschicht etwa 30 Fuss hoch gestiegen sein. Bei Monte Video sah d'Orbigny am Fusse von Gneisshügeln, in 12 bis 15 F. Höhe über dem Spiegel des La Plata, eine Bank von Conchylien, deren Species gegenwärtig an der freien Meeresküste in 16 geogr. Meilen Entfernung leben. Tief landeinwärts bei San Pedro traf er auf der, 92 Fuss über dem Spiegel des Parana liegenden Ebene langgestreckte, 6 bis 9 Fuss hohe Sandhügel, welche dermaassen mit Conchylien erfüllt sind, dass sie *conchillas* genannt werden; diese Conchylien gehören meist der Species *Azara labiata*, welche jetzt in den brakischen Wassern bei Buenos Ayres und in der Mündung des La Plata sehr häufig lebt.

Bei dieser Gelegenheit bemerkt d'Orbigny, dass die Erhaltung der ursprünglichen Stellung aller dieser Conchylien auf eine plötzliche, mit einem Ruck erfolgte Erhebung des Landes verweise. Denn, wo sich das Meer von den Küsten allmälig zurückzieht, da werden die Muschelbänke von den Wogen lange Zeit bearbeitet, und die einzelnen Muscheln aus ihrer Stellung geworfen, hin und her gerollt und zerbrochen. Da nun die erwähnten Ablagerungen nichts der Art zeigen, so müssen sie aus dem Meeresgrunde, wo sie gebildet wurden, mit einem Male bis über das Niveau der höchsten Fluthen erhoben worden sein*).

Wir haben diese Thatsachen aus Südamerika, welche durch viele andere dorther bekannt gewordene Beobachtungen bestätigt werden**), etwas ausführlich mitgetheilt, weil gerade ihnen ein vorzügliches Interesse und eine besondere Beweiskraft zuerkannt werden muss. Denn sie führen uns eine ganze Reihe von völlig übereinstimmenden Erscheinungen vor, deren letzte Glieder an der Westküste ganz unbezweifelt als die

*) *Comptes rendus*, *t.* 17, 1843, *p.* 401 f.

**) Es würde ausser dem Zwecke eines Lehrbuchs liegen, alle hierher gehörige und namentlich die Küsten von Chile und Peru betreffenden Beobachtungen anzuführen. Daher mag nur noch bemerkt werden, dass, ausser den erwähnten und anderen Mittheilungen von Darwin, besonders die von Freyer über die Küste bei Arica, von Caldcleugh über die Küste von Chile, von Pentland über die Muschellager bei Coquimbo interessant sind. Die wirklich beobachteten Hebungen von 1822 und 1835 sind vielfach besprochen, die ersteren insbesondere auch von Greenough und Cuming in Zweifel gestellt worden.

Resultate von Erdbeben hervorgegangen sind, wie diess von vielen Augenzeugen beobachtet und von wissenschaftlichen Forschern bestätigt worden ist. Wir sind daher auch genöthigt, für die übrigen Glieder der Reihe dieselbe Entstehungsweise vorauszusetzen, und folglich eine successive Erhebung des Landes bis zu vielen hundert, ja bis über tausend Fuss Höhe als das Werk früherer grossartiger Erdbeben anzuerkennen.

Zugleich liefern uns diese Erscheinungen den Beweis dafür, dass diese Erhebung wirklich stufenweise und ruckweise, also wiederholt in verschiedenen Absätzen, aber jedesmal instantan oder doch ziemlich rasch erfolgt sein müsse, wie diess auch mit der Annahme von wirklichen Erdbeben, als ihrer eigentlichen Ursache, gänzlich übereinstimmt, und für die beiden Erhebungen der Chilenischen Küste von 1822 und 1835 erfahrungsmässig bestätigt ist. Denn eine säculare, d. h. durch sehr lange Zeiträume ganz allmälig und stetig wirkende Emportreibung der Erdkruste würde unmöglich mit der Existenz jener einzeln über einander liegenden und von einander abgesonderten Uferterrassen und Strandlinien zu vereinigen sein. Eine jede solche Strandlinie setzt eine längere Periode des Stillstandes und der Ruhe voraus, während welcher sie gebildet wurde. Ihre gegenwärtige Lage über dem Meeresspiegel beweist uns die Wirklichkeit einer Statt gefundenen Erhebung überhaupt; der Zwischenraum aber zwischen ihr und der nächst tieferen Strandlinie, so wie die ungestörte Stellung und unversehrte Beschaffenheit ihrer Conchylien, sie beweisen, dass diese Erhebung eine plötzliche war, und gewissermaassen mit einem Rucke vollzogen wurde.

Folgende von Lyell mitgetheilte Betrachtung kann dazu dienen, uns eine Vorstellung von der Grösse des Effectes selbst scheinbar kleiner Hebungen des Landes zu geben*). Einigen Beobachtern zufolge soll sich die Hebung Chile's im Jahre 1822 auf einen Flächenraum von 4700 geogr. Quadratmeilen, also auf einen Landstrich halb so gross wie Frankreich, erstreckt haben. Nehmen wir nun an, die Hebung habe im Mittel nur 3 Fuss betragen, so würde der durch sie über den Meeresspiegel emporgetriebene Theil der Erdkruste 0,617, oder über $^3/_5$ Cubikmeile ausmachen. Setzen wir ferner, das mittlere spezifische Gewicht der erhobenen Gesteine sei 2,655, und das absolute Gewicht einer der grossen Aegyptischen Pyramiden betrage 6 Millionen Tonnen, so würde der damals emporgetriebene Theil des Landes so viel wie 100000 solcher Pyramiden wiegen. Allein diess ist blos eine Kleinigkeit gegen den Totaleffect der ganzen Hebung, welcher doch nur darin bestanden haben kann, dass jener ganze Theil der Erdkruste, von 4700 Quadratmeilen Areal, von seiner Oberfläche an bis zu der inneren Gränze der Erdveste aufwärts

*) *Lyell, Principles*, 7. *ed.*, *p.* 436 f.

bewegt worden ist. Für solche Kraftäusserungen fehlt unserer Vorstellung jeder Maassstab! —

§. 79. *Hebungen an den Küsten des Mittelländischen und Atlantischen Meeres.*

Nachdem wir in den Hebungs-Phänomenen Südamerikas ein sicheres Anhalten dafür gewonnen haben, wie eigentlich die an den Küsten der Continente über einander liegenden alten Uferterrassen und Strandlinien zu beurtheilen sind, so wenden wir uns nun zur Betrachtung ähnlicher Erscheinungen in einigen anderen Gegenden, wo der ursachliche Zusammenhang derselben mit Erdbeben grösstentheils aller historischen Beweise ermangelt. Wir werden dadurch die Ueberzeugung gewinnen, dass die Erdbeben in einer zwar vorgeschichtlichen, aber verhältnissmässig doch noch neuen Periode einen sehr wesentlichen Antheil an der Umgestaltung der Erdoberfläche und an der Ausbildung des Landes gehabt haben. Die Zahl der in dieser Hinsicht bekannt gewordenen Erscheinungen ist jedoch schon so ausserordentlich gross, dass wir uns an gegenwärtigem Orte auf wenige Beispiele beschränken müssen. Wir wählen dazu erst einige aus dem mittelländischen Meere.

Fr. Hoffmann hat auf Sicilien am Fusse der um Palermo in einem Halbkreise schroff aufsteigenden Berge eine aus locker verbundenem Meeressande und Geröllen bestehende neue Ablagerung nachgewiesen, welche eine sehr grosse Menge von Conchylien umschliesst, die grösstentheils denselben Species angehören, welche noch jetzt im dortigen Meere leben. Auch lässt sich diese Ablagerung deutlich bis auf den gegenwärtigen Meeresgrund hinaus verfolgen, wo sie noch in fortwährender Bildung begriffen sein mag. Unverkennbar ist sie nichts Anderes, als ein erhobener Theil des Meeresgrundes, dessen alte Uferränder man sehr deutlich am Fusse der steilen Kalksteinberge hinlaufen sieht, wo sie bis zu 250 Fuss über den gegenwärtigen Meeresspiegel aufsteigen. Aber auch diese Kalksteinwände zeigen an ihrem unteren Theile sehr auffallende Beweise der ehemaligen Anwesenheit des Meeres, besonders in einigen Grotten, welche den Meereswellen zugänglich waren, und die Spuren ihrer Wirksamkeit sehr deutlich bewahrt haben. Namentlich ist die Grotta di Mardolce, deren Eingang etwa 180 Fuss hoch über dem Meere, am Fusse des hohen Monte Grifone liegt, äusserst lehrreich; an den Wänden derselben sieht man in etwa 8 Fuss Höhe über dem Boden einen horizontalen Streifen hinlaufen, welcher noch mit fest ansitzenden Schalgehäusen von Meeresthieren besetzt ist, während unter ihm das Gestein von Tausenden von Bohrlöchern der in dem dortigen Meere so häufigen Bohrmuscheln durchlöchert erscheint, über ihm aber die ausserdem rauhen und zackigen Felswände wellenförmig ausgewaschen und stellenweise wie polirt sind. Endlich liegt in der Tiefe der Höhle eine mehre Fuss dicke Schicht von Meeressand, der unzählige und sehr wohl erhaltene Schalen derselben Conchylienspecies umschliesst, welche noch

heutzutage an den dortigdn Küsten leben. Es ist also klar, dass die Küste bei Palermo in einer verhältnissmässig sehr neuen Zeit um 180 bis 250 Fuss über den Meeresspiegel erhoben worden ist. Die Erscheinungen sind übrigens keinesweges auf die Umgegend von Palermo beschränkt, sondern wiederholen sich an den steilen Kalksteinfelsen längs der Strasse nach Termini an unzähligen Orten bis zu 100 und 200 Fuss Höhe*).

Sartorius v. Waltershausen fand ähnliche Beweise einer neueren Hebung in der Umgegend des Aetna. Am nördlichen Fusse desselben liegt bei Giardini eine alte, gegen das Meer hin abfallende aus Sand und Geröll bestehende Strandablagerung, welche bis über 180 Fuss hoch aufsteigt, ganz wohlerhaltene Muscheln und Muschelfragmente enthält, und überhaupt gänzlich dem Strandschutte gleicht, welchen das Meer weiter unten noch heutzutage hin und her rollt. Am Vorgebirge von S. Andrea unterhalb Taormina fand Sartorius Bohrlöcher mit zum Theil noch darin sitzenden Bohrmuscheln fast in 140 Fuss Höhe über dem Meeresspiegel. In der Ebene von Catania aber, also an der Südseite des Aetna, liegen dunkelgraue Thonschichten, die reich an ganz frischen, mit ihrer ursprünglichen Farbe und ihrem Glanze versehenen Conchylien noch jetzt lebender Species sind, in 30 bis 60 F. Höhe über dem Meere; während dieselben Schichten bei Cifali zu 300, bei Nizzeti zu 600, und an der Catira bis über 1000 F. hoch aufsteigen**).

Aus diesen Beobachtungen von Hoffmann und Sartorius, an welche sich ähnliche von Lyell, Prévost u. A. anschliessen, folgt offenbar, dass die ganze Insel Sicilien in neuerer, obwohl vorhistorischer Zeit sehr bedeutende Emportreibungen über den Meeresspiegel erfahren hat; was nur durch erdbebenartige Bewegungen der äusseren Erdkruste bewirkt worden sein kann.

Albert de la Marmora hat ähnliche Verhältnisse auf der Insel Sardinien nachgewiesen. Dort findet sich z. B. bei Cagliari, vom Meeresspiegel aus bis zu 150 F. Höhe, eine Ablagerung von Conchylien jetzt lebender Arten, welche zumal ausserordentlich viele Schalen von *Mytilus edulis*, dann von einem *Cerithium*, von *Lucina lactea*, *Venus decussata*, *Solen vagina*, *Cardium edule*, *Murex trunculus* und *succinctus* u. a. enthält; diese Muscheln sind alle vollkommen gut erhalten, und häufig mit Scherben eines groben, schlecht gebrannten Töpfergeschirrs vermengt; übrigens sitzen die Austern fest auf dem Kalksteine, der die Unterlage dieser Muschelbänke bildet, und sind familienweise gruppirt; zum Beweise, dass sie nicht angeschwemmt wurden, sondern wirklich an Ort und Stelle gelebt haben; wodurch eine neue Erhebung Sardiniens dargethan wird, welche Statt gefunden haben muss, als die Insel bereits von Menschen bewohnt war***).

Dass sich dergleichen Erhebungen mehr oder weniger in dem ganzen Bereiche des mittelländischen Meeres zugetragen haben, dafür giebt es mancherlei Beweise; wir heben in dieser Hinsicht nur noch die von James Smith bei Gibraltar angestellten Beobachtungen hervor. Die sandige Ebene an der

*) Hoffmann, Hinterlasse Werke, II, S. 425 ff.

**) Sartorius, Ueber die submarinen vulcanischen Ausbrüche des Val di Noto, 1846, S. 8, 11 u. 52.

***) *Journal de Géologie, t. III*, 1839, *p.* 309 f.

Nordseite des Felsenberges, an und auf welchem Gibraltar liegt, zeigt da, wo der Wind den Sand fortgeweht hat, Muschelbänke aus den Schalen einiger wenigen Species, besonders von *Cardium tuberculare*, *Pectunculus pilosus*, *Donax trunculus* und *Venus gallina* bestehend; dieselben Muscheln leben noch gegenwärtig in dem dortigen Meere, welches auch in 12 Fuss Tiefe eine ganz ähnliche von ihnen gebildete Bank im lebenden Zustande enthält, während jene Bank eben so hoch über dem Wasser liegt. Von der Südspitze Europa-Point aufsteigend, fand Smith in mehren verschiedenen Niveaus, nämlich in 50, 70, 170, 264 und 600 Fuss Höhe dergleichen Ablagerungen von Muscheln jetzt lebender Species; was offenbar auf eben so viele, stufenweise erfolgte Hebungen des Felsen von Gibraltar verweist*).

Von den Europäischen Küsten des Atlantischen Meeres sind gleichfalls aus vielen Gegenden mehr oder weniger auffallende Beweise von vorgeschichtlichen, oder doch wenigstens nicht urkundlich aufgezeichneten Hebungen des Landes und Meeresgrundes bekannt geworden; Hebungen, welche theils instantan, theils allmälig Statt gefunden zu haben scheinen, und im letzteren Falle wohl auch mehrorts noch gegenwärtig im Gange sind. Bei dieser Gelegenheit muss überhaupt daran erinnert werden, dass die säcularen und instantanen Hebungen sehr wohl neben einander bestehen können, indem ein in ganz langsamer und kaum merklicher Aufsteigung begriffener Landstrich durch ein heftiges Erdbeben plötzlich eine rasche und sehr merkbare Erhebung erfahren kann. Wenn also auch im Allgemeinen angenommen werden muss, dass die ruhig und höchst langsam wirkenden säcularen Dislocationen der Erdkruste durch eine ganz andere abyssodynamische Kraftäusserung verursacht werden, als die heftig und rasch eintretenden instantanen Dislocationen, so folgt daraus doch keineswegs, dass sie sich in allen Fällen gegenseitig ausschliessen**).

Wir wenden uns nun zur Betrachtung einiger hierher gehörigen Erscheinungen, die an den Westküsten und im Innern Frankreichs, so wie an den Küsten von Grossbritannien nachgewiesen worden sind.

An den Küsten der Departements der untern Charente, der Vendée und der untern Loire sind Thatsachen beobachtet worden, welche für ein allmäliges Aufsteigen des Landes sprechen. Bei Bourgneuf unweit La Rochelle liegen die Ueberreste eines im Jahre 1752 auf einer Austerbank gescheiterten Schiffes gegenwärtig mitten in einem angebauten Felde, 15 Fuss hoch über der Meeresfläche; auch hat die Gemeinde des Ortes in einer Zeit von 25 Jahren über

*) *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *vol. II*, 1846.

**) Keilhau ist daher geneigt, beide Arten von Erhebungen aus einer und derselben Ursache zu erklären; in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Aufsteigung Scandinaviens, im *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, Bd. I, S. 116.

500 Hektaren Land gewonnen. Port Babaud, wo sonst die Holländischen Schiffe ihre Salzladungen nahmen, liegt jetzt 9000 F. vom Meere entfernt. Die ehemalige Insel Olonne ist heutzutage nur noch von Morästen und Wiesen umgeben. Diese und ähnliche Erscheinungen, wie z. B. die fortwährende Erhöhung der Kalksteinriffe bei Marennes, lassen sich nicht blos durch neuere Anschwemmungen erklären, sondern beweisen in der That eine Erhebung der Küsten und des Meeresgrundes *).

Rivière gab auch Nachrichten über Muschelbänke bei Saint-Michel-en-l'Herm in der Vendée, deren Schalen von denselben Species abstammen, welche noch jetzt im dortigen Meere leben; sie liegen bis 9000 Fuss vom jetzigen Strande entfernt, und 30 bis 45 Fuss über dem mittlern Wasserstande, 5 bis 6 Fuss über dem Stande der höchsten Springfluthen; derselbe theilt noch andere Thatsachen mit, aus denen ein Steigen der Westküsten Frankreichs gefolgert werden kann, und findet namentlich unwiderlegliche Beweise dafür in den Morästen an den Küsten der Departements der Vendée, der untern Charente und des angränzenden Departement Deux-Sèvres **).

Ganz besonders interessant sind einige Notizen von Rozet und Virlet, welche zu beweisen scheinen, dass selbst gewisse Gegenden des Binnenlandes von Frankreich in einer verhältnissmässig neuen Zeit submergirt waren. Rozet fand zwischen Sassenage und Lans, an der Strasse von Grenoble nach Villars-de-Lans, so wie im Vercors an den Felsenwänden bis 12 Fuss tiefe Hohlkehlen und andere rundliche Auswaschungsformen, völlig so, wie man sie noch jetzt im Niveau des Wellenschlages an der Küste zwischen Marseille und Toulon beobachtet. Auch finden sich oft noch Bohrlöcher, von lithophagen Muscheln gebildet. Indessen glaubt Rozet, dass das Meer, welches diese Spuren seiner Anwesenheit hinterliess, dasselbe gewesen sei, auf dessen Grunde sich die dortigen Tertiärschichten bildeten, und dann würde freilich die Erscheinung nicht in die neueste geologische Periode gehören. Dagegen berichtet Virlet, dass bei Tournus unweit Autun in einer Thonablagerung Muscheln von *Ostrea hippopus* und *Murex trunculus*, also von solchen Species gefunden worden sind, welche noch jetzt im Atlantischen und Mittelländischen Meere leben. Tournus liegt aber 67 geogr. Meilen von der Küste und 540 Par. Fuss über dem Spiegel des letzgenannten Meeres ***).

Ueber kein Land sind wohl so viele und wohlverbürgte Thatsachen in Betreff der Hebungen seiner Küsten bekannt worden, als über Grossbritannien; was seinen natürlichen Grund darin hat, dass dieses Inselland eine sehr bedeutende Küstenentwicklung und eine grosse Anzahl von Geologen besitzt. Von Cornwall bis nach dem nördlichen Schottland sind an der Westküste des Landes zahlreiche Beweise von neueren Hebungen aufgefunden worden, wogegen die Ostküste und stellenweise auch die Südküste Englands auffallende Belege von Senkungen geliefert hat. Dieselben Muschellager, welche an der Südküste von Devonshire und Cornwall nur wenige Fuss hoch über dem Meeres-

*) Poggend. Annalen, Bd. 52, 1841, S. 494 f.

**) *Bull. de la soc. géol.*, *t. VII*, *p.* 97.

***) *Rozet* im *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. I*, 1844, *p.* 663, und *Virlet*, *ibid.*, *t. II*, 1845.

spiegel liegen, steigen in Nord-Devonshire bis zu 120 Fuss Höhe auf. Die ähnlichen Lager an der Severn, zwischen Worcester und Gloucester, erheben sich nur einige Fuss hoch, steigen aber landeinwärts bis 500 und 600, ja zuletzt, am Moel-Tryfane in Caernarvonshire, nach Trimmer's Beobachtungen, bis zu 1300 Par. (1392 Engl.) Fuss über den Meeresspiegel. Eben so steigen die Geröll- und Muschelbänke von den Küsten von Lancashire landeinwärts gegen die Peninische Gebirgskette aufwärts, und in den nahe bei einander liegenden Gegenden von Nord-Wales und Shropshire beträgt die Höhendifferenz bis 1000 Fuss*). Diese Thatsachen haben ein grosses Interesse, weil die bedeutenden Niveau-Differenzen jeden Versuch unmöglich machen, die Erscheinung etwa durch ein Sinken des Meeresspiegels erklären zu wollen, und weil das allmälige Aufsteigen der Muschelbänke nach dem Innern des Landes, wo die Berge höher aufragen, den Beweis liefert, dass dort die Hebung in einem weit grösseren Massstabe erfolgt ist, als an den Küsten.

Aehnliche Resultate ergeben sich für Schottland, wo z. B. nach James Smith die alten Strandablagerungen in der Nähe des Clyde 40 Fuss, am Loch Lomond dagegen 70 Fuss Höhe erreichen, während man sie in der Gegend von Glasgow und bei Gamrie bis zu 350 F. aufsteigen sieht. Interessant sind auch die Beobachtungen, welche Vetch von der Schottischen Insel Jura berichtete. An der Westküste dieser steilen, fast nur aus Quarzit bestehenden Insel sah er 6 bis 7 Strandlinien von Quarzgeröllen hinlaufen, die tiefste am jetzigen Meeresspiegel, die höchste etwa 40 Fuss darüber. Wo die Küste steil ist, liegt diese letztere etwa 300 F., wo sie flach ist, bis 3/4 Engl. Meile vom jetzigen Strande entfernt, und in der Gegend des Loch Tarbert lassen sich diese Geröllbänke 8 bis 9 Engl. Meilen weit verfolgen. Sie sind offenbar das Werk der Brandung; denn sie erscheinen alle völlig so, wie die unterste Geröllablagerung, welche noch jetzt vom Meere bearbeitet wird. Auf Isla und den übrigen benachbarten Inseln fehlen sie, woraus Vetch sehr richtig schliesst, dass sie unmöglich durch ein Sinken des Meeres, sondern nur durch eine wiederholte Hebung der Insel Jura erklärt werden können**).

Von der Insel Irland ist es durch Scouler und andere Beobachter erwiesen worden, dass sie in einer ziemlich neuen Periode, jedoch ungleichmässig, von einigen wenigen bis zu 200 Fuss und darüber gehoben worden ist; die muschelführenden Strandbildungen lassen sich in den Thälern weit landeinwärts (z. B. im Thale von Glenismaule bis 7 Engl. Meilen weit) verfolgen, daher diese Thäler zur Zeit der Submersion schon existirt und Meeresfjorde gebildet haben müssen***).

*) *Murchison, Anniversary address to the geol. soc.*, 17. *Febr.* 1843.

**) *Trans. of the geol. soc.*, 2. *series, vol. I*, 1824, *p.* 416 f.

***) Auch auf der Nordamerikanischen Seite des Atlantischen Meeres sind ähnliche Erscheinungen beobachtet worden. Ja, die ganze Insel Neufundland ist noch gegenwärtig im Steigen begriffen. Felsen, über welche vor 30 bis 40 Jahren Schoner sicher hinwegsegelten, liegen jetzt ganz nahe an der Wasserfläche, und an der Spitze der Robertsbai liegt, 1 Engl. Meile landeinwärts, mehre Fuss über dem Meeresspiegel ein alter Geröllstrand. Poggend. Annalen, Bd. 69, 1846, S. 505. Ebenso

§. 80. *Hebungen im Norden Europas.*

Seit länger als hundert Jahren hat Scandinavien die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich gezogen, weil dort das Phänomen der Emporhebung des Landes und Meeresgrundes in einer eben so merkwürdigen als unzweifelhaften Weise vor sich gegangen ist. Die Erscheinung wurde zuerst an den Küsten des Bottnischen Meerbusens und der Ostsee wahrgenommen, wo sie sich als eine ganz allmälige säculare Hebung zu erkennen giebt. Später überzeugte man sich aber, dass auch an der Nordsee, längs der Küsten von Norwegen, und am Kattegat, längs der Küsten des südlichen Schwedens, sehr viele Beweise von Erhebungen vorliegen, welche theils durch instantane, theils durch säculare Bewegungen bewirkt worden zu sein scheinen. Da namentlich die zuerst bekannt gewordene Hebung der Schwedischen Ostseeküsten zu den vielfachsten Discussionen Veranlassung gegeben hat, welche endlich im Jahre 1834 durch die Untersuchungen von Lyell abgeschlossen wurden, so dürfte es nicht unzweckmässig sein, zuvörderst dieser Erscheinung unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Der berühmte Schwedische Astronom Celsius *) sprach zuerst die Ansicht aus, dass der Spiegel der Ostsee in allmäligem Sinken begriffen sei; auch suchte er aus mehren ihm bekannt gewordenen Thatsachen die Grösse dieser Senkung an den Schwedischen Küsten auf etwa 45 Zoll im Laufe eines Jahrhunderts zu bestimmen. Als Beweise für seine Ansicht führte er besonders an, dass Klippen, welche früher unter Wasser lagen, allmälig hervorgetaucht seien; dass an flachen Küsten das Meer immer weiter zurückweiche, und immer mehr Land gewonnen werde; dass ehemalige Hafenplätze jetzt weit landeinwärts liegen; dass alte Marken des Wasserstandes jetzt über den Wasserspiegel heraufgerückt sind, und dass alle Fischer und Seefahrer wesentliche Veränderungen in der

wissen wir durch Bayfield, dass an den Küsten der St. Lorenzbai, welche oft von Erdbeben heimgesucht werden, horizontale Muschelbänke in verschiedenen Höhen von 10 bis 100 Fuss über dem Hochwasserstande, auch Sand- und Geröllterrassen mit Muscheln lebender Species, so wie von Bohrmuscheln benagte Kalksteinfelsen vorkommen. *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 336. Viele andere hierher gehörige Thatsachen aus Canada und den vereinigten Staaten berichtet *Lyell* in seinem Werke: Reisen in Nordamerika, übers. von Wolff, S. 292 ff.

*) In den Abhandl. der Schwed. Akad. der Wissensch. von 1743, Bd. V, S. 25 ff. Eine ausführliche Darstellung und Kritik der Abhandlung von Celsius gab v. Hoff, in seiner Geschichte der nat. Veränd., I, 407 ff. Später hat er jedoch seine Zweifel und Widersprüche selbst zurückgenommen.

Gestalt der Küsten und in der Tiefe der Ostsee bemerkt zu haben behaupten. Celsius glaubte die Erklärung aller dieser Erscheinungen in einer wirklichen Verminderung des Wassers der Ostsee zu finden, und seine Ansicht wurde nicht nur von Dalin, dem Verfasser der Geschichte des Schwedischen Reiches, sondern auch von Linné angenommen, daher sie sich lange Zeit behauptet hat*).

Im Jahre 1802 sprach Playfair in seiner *Illustration of the Huttonian theory of the earth***) zuerst die Idee aus, dass diese Aenderungen im Stande des Meeresspiegels wohl eher in einer Bewegung des Landes, als in einem Sinken des Meeres begründet seien, weil Letzteres nothwendig ein gleichmässiges Sinken des ganzen Oceans erfordern würde, und weil die Hypothese einer Emporsteigung des Landes mit Hutton's Theorie sehr wohl vereinbar sei, welche das Festland durch unterirdische Expansivkräfte gehoben und erhalten voraussetze.

Ohne von dieser Idee Playfair's eine Kunde zu haben, was bei der damaligen Continentalsperre unmöglich war, stellte es Leopold v. Buch im Jahre 1807 als seine durch eigene Beobachtungen und geologische Argumente gewonnene Ueberzeugung auf***), dass das ganze Land, von Frederikshall bis Åbo, ja vielleicht bis nach Petersburg, seit langer Zeit und bis auf den heutigen Tag ganz langsam und unmerklich in aufsteigender Bewegung begriffen sei.

Seitdem in Schweden die Aufmerksamkeit auf diese merkwürdigen Bewegungen des Meeresspiegels gelenkt worden war, sind an vielen Felsen des Festlandes und der Inseln Marken des Wasserstandes eingehauen worden, um an ihnen den Fortgang der Erscheinung verfolgen zu können.

*) Sehr gut sagt Keilhau in der Abhandlung a. a. O. S. 251: »dass der Meeresspiegel sinkt, ist ja ein populärer Ausdruck für das Steigen des Landes«, gerade so, wie Jedermann vom Aufgehen und Untergehen der Sonne spricht, während er recht wohl weiss, dass nur sein Standpunct untergeht oder aufgeht. Aus dieser schönen Arbeit erfahren wir auch (S. 118), dass schon Jessen, in seinem im Jahre 1763 erschienenen Werke: *Kongeriget Norge*, *fremstillet efter dets naturlige og borgerlige Tilstand*, das Sinken des Meeresspiegels an der Norwegischen Küste bei Egersund durch eine Erhebung des Bodens als Folge von Erdbeben zu erklären versucht hat.

**) In der 21. Anmerkung; p. 355 ff. der französischen Uebersetzung von Basset, welche 1815 unter dem Titel: *Explication de Playfair sur la théorie de la terre par Hutton,* erschienen ist.

***) In seinem classischen Werke: Reise durch Norwegen und Lappland, Bd. II, S. 291.

Alle diese Marken wurden in den Jahren 1820 und 1821 von Bruncrona mit Hilfe der Beamten des Lootsenwesens untersucht, und die Resultate dieser Untersuchung in einem Berichte an die Akademie der Wissenschaften zusammengestellt, aus welchem sich ergab, dass der Meeresspiegel längs der ganzen Küste des Bottnischen Meerbusens ganz entschieden, jedoch keinesweges gleichmässig gesunken sei*).

Allein trotz aller dieser Bestätigungen gab sich doch das Phänomen einer säcularen, unmerklich fortwährenden Erhebung eines so bedeutenden Landstrichs als eine so grossartige und eigenthümliche Wirkung der unterirdischen Kräfte zu erkennen, dass Lyell, welcher die Sache bis dahin bezweifeln zu können glaubte, im Jahre 1834 eine Reise nach Schweden unternahm, um sie nochmals einer allseitigen Prüfung zu unterwerfen, und wo möglich noch andere Beweise zur Constatirung einer so denkwürdigen Erscheinung zu gewinnen. Das Resultat dieser Prüfung lieferte eine glänzende Bestätigung der von Leopold v. Buch aufgestellten Ansicht, dass sich ein grosser Theil Scandinaviens im Zustande säcularer Erhebung befinde. Die geologischen Beweise vereinigen sich mit den Niveau-Aenderungen der Wassermarken und mit den übereinstimmenden Zeugnissen der Küstenbewohner, um jene Ansicht ausser allen Zweifel zu stellen, und die mittlere Grösse der Erhebung beträgt nach Lyell etwa 3 Fuss in einem Jahrhundert, was mit den Angaben von Bruncrona und Hällström völlig übereinstimmt. Uebrigens ergiebt sich aus denen von Lyell mitgetheilten höchst interessanten Erscheinungen bei Södertelje, dass die Schwedischen Ostseeküsten, seitdem das Land von Menschen bewohnt wird, wenigstens 64 Fuss tief gesunken sein müssen, ehe die jetzt noch im Gange befindliche Erhebung eingetreten ist, so dass diese letztere mindestens vor mehr als 2000 Jahren begonnen haben muss, wenn sie nämlich gleichmässig alle 100 Jahre 3 Fuss hoch gewirkt hat.

Die Wichtigkeit der Sache mag die Anführung einiger Details aus Lyells Abhandlung rechtfertigen**). Die ersten Beweise einer Hebung des Landes traf er am Schlosse von Calmar, wo dieselbe seit 400 Jahren etwa nur 4 F. betragen haben kann. In der Gegend von Stockholm aber fand er viele und höchst auffallende Beweise für die bedeutenden Veränderungen, welche in der relativen Lage von Wasser und Land vorgegangen sein müssen. Bei Solna, nordwestlich von Stockholm, liegt eine Thonschicht, nach Hällström 30 F. über dem Spiegel der Ostsee, welche viele Muscheln von solchen Species umschliesst, die noch gegenwärtig die Ostsee bewohnen; namentlich von *Mytilus*

*) Poggend. Ann., Bd. II, 1824, S. 308 ff.

**) *Philos. trans. for* 1835, und daraus in Poggend. Ann., Bd. 38, 1836, S. 64 ff.

edulis, *Tellina baltica*, *Cardium edule*, *Littorina littorea*. Drei Meilen südlich von Stockholm fand Lyell ausser diesen Conchylien auch noch die Schalen von *Neritina fluviatilis* in einem Torfgrunde, welcher nach Hällström 70 F. über dem Wasser liegt. Die merkwürdigste Gegend aber ist die von Södertelje, südwestlich von Stockholm, wo die Muscheln 90 F. hoch liegen; wie z. B. am Quarnbacken, wo der sie umschliessende Thon durch die zersetzten Schalen von *Mytilus edulis* blau gefärbt ist; ja, am Blåbacken liegt eine solche muschelführende Schicht in 100 Fuss Höhe. Im Thale bei Södertelje bilden diese Schichten oft eine 60 Fuss hohe Terrasse, welche ganz an die ähnlichen Bildungen der Subapenninischen Formation erinnert.

Bei der Anlage des Canals von Södertelje wurden diese Schichten an vielen Puncten durchschnitten; dabei fand man in ihnen die Ueberreste von alten Kähnen, einen Anker und eiserne Nägel. Im unteren Canale wurde unter einer mächtigen Ablagerung von Sand und Geröll, nach Cronstrand in 64 Fuss Tiefe, mitten in einer feinen Sandschicht eine Hütte gefunden; sie bestand aus vier hölzernen im Viereck zusammengefügten Wänden, deren Holz in Staub zerfiel, so weit es über das Niveau der See reichte; auf dem Boden der Hütte war ein Kreis von Steinen zusammengesetzt, in dessen Mitte noch Kohlen und Brände, daneben aber Scheite von Kiefernholz lagen. Das Gebäude hielt etwa 8 Fuss im Quadrat, und scheint eine Fischerhütte gewesen zu sein, die nur während des Fischfangs benutzt wurde. Die Schichten, welche darüber liegen, beweisen aber durch die in ihnen vorkommenden Muscheln, dass sie im Meere abgesetzt worden sind; woraus denn nothwendig folgt, dass das ganze angränzende Land, nach der Erbauung dieser Hütte, 64 Fuss tief unter den Meeresspiegel gesunken sein muss, und allmälig mit einer eben so mächtigen Decke von Meeresschichten überschüttet wurde, bevor die Hebung des Meeresgrundes begann, durch welche es allmälig wieder bis in sein jetziges Niveau gelangte.

So finden wir denn hier, bei Södertelje, an der Küste von Schweden und fern von jedem Vulcane, eine Wiederholung ganz ähnlicher Erscheinungen, wie wir sie im Serapistempel bei Puzzuoli, an der Küste von Neapel kennen gelernt haben; Erscheinungen, welche uns eine zweimalige, im entgegengesetzten Sinne Statt gefundene Bewegung des Landes, eine frühere Submersion und eine spätere Emersion beweisen; nur geben sich diese Erscheinungen bei Södertelje fast in dreimal so grossem Maassstabe zu erkennen, als am Serapistempel. Ueberhaupt aber belehren uns diese merkwürdigen unterirdischen Reliquien von Södertelje, dass das Schwedische Festland seit dem Dasein des Menschengeschlechtes, und seit der Zeit, da man dort Eisen zu schmieden und Schiffe zu bauen verstand, weit grössere Bewegungen erfahren haben muss, als man den blos urkundlichen und traditionellen Nachrichten zufolge vermuthen kann.

Nördlich von Stockholm fand Lyell bei Upsala, also tief landeinwärts, eine Mergelschicht voll Muscheln jetzt lebender Species in 80 Fuss Höhe über dem Meeresspiegel; auch sah er die jetzt trocken liegenden Marken des ehemaligen Wasserstandes bei Oeregrund und Gefle, wo sich alte Männer erinnerten, auf dem ziemlich weit landeinwärts reichenden Wiesengrunde noch in ihrer Jugend Boote und Schiffe segeln gesehen zu haben. Rechnet man hierzu die älteren Beobachtungen, welche sich bis hinauf nach Torneå erstrecken, und die ähn-

lichen Erscheinungen an den Küsten von Finnland, so stellt sich die säculare Erhebung des Festlandes von Schweden als ein ganz allgemeines Phänomen von Calmar bis nach Torneå heraus; der grösste Werth dieser, an verschiedenen Puncten allerdings sehr ungleichen Erhebung scheint aber bis auf 400 Fuss angenommen werden zu können, da Eugène Robert bei Söderhamm noch in dieser Höhe Thonlager mit Muscheln fand.

Was so für die Ostseeküsten Scandinaviens erwiesen worden ist, das hat sich auch für die Küsten an der Nordsee bestätigt. Nachdem schon in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts manche hierher gehörige Beobachtungen, wie z. B. die von H. Ström, Müller und Wilse über das Vorkommen von Muschelablagerungen in verschiedenen Gegenden Norwegens, die von Linné über die Muschellager bei Uddewalla*) in Schweden, veröffentlicht worden waren, entdeckte Leopold v. Buch im Anfange des jetzigen Jahrhunderts an der Westküste Norwegens nördlich von Drontheim blaue Mergelthone mit Seemuscheln in 400 bis 500 F. Höhe, und in den Nordlanden Ablagerungen von Muscheln und Muschelsand an vielen Orten, wie z. B. auf Luuröe, bei Bodöe, Tromsöe und anderwärts**). Diese Beobachtungen sind später, und zwar besonders durch Keilhau und Boeck, bei einer im Jahre 1836 unternommenen, und ausdrücklich dem Studio aller hierher gehörigen Erscheinungen gewidmeten Bereisung der Küste von Christiania bis nach Drontheim, so wie für Nordland und Finnmarken durch Keilhau, Eugène Robert und Bravais ausserordentlich vervielfältigt worden, so dass gegenwärtig eine grosse Menge von Thatsachen vorliegt, und die in einer verhältnissmässig neuen Zeit erfolgte Erhebung der West- und Nordküsten Scandinaviens ausser allen Zweifel gestellt ist.

Keilhau gelangt in seiner reichhaltigen und gediegenen Abhandlung über diesen Gegenstand zu dem Resultate, dass sich zwar keine histori-

*) Linné, Reisen durch Westgothland, aus dem Schwed. übers., S. 228. Diese Muschelbänke sind später von Alex. Brongniart genauer untersucht worden; er fand nicht nur, dass alle Species identisch mit solchen sind, welche noch heutzutage das nahe Meer bewohnen, sondern entdeckte auch an den Gneissfelsen noch festsitzende Schalen von Balanen. Dieselbe Beobachtung machte Lyell im Jahre 1834 bei Kured, nördlich von Uddewalla, wo in mehr als 100 F. Höhe über dem Meere das Gestein mit Balanen besetzt und mit Celleporen incrustirt war. Die Muschellager zwischen Skjellered und Wik, so wie zwischen Eist und Hogdal, welche mehre Lachter mächtig sind, und auf der Felsenoberfläche an Stellen liegen, die gewiss ein paar hundert Fuss über dem Meere erhaben sind, erklärte auch Hausmann für unläugbare Documente eines ehemaligen höheren Standes des Meeres und einer späteren Erhebung des Küstenrandes; Reise durch Scandinavien, I, S. 275 f.

**) Reise durch Norwegen und Lappland, I, S. 250, 307, 327, 441 u. s. w.

schen und traditionellen Beweise für eine in den zunächst verflossenen Jahrhunderten Statt gefundene oder noch gegenwärtig Statt findende Erhebung der Norwegischen Küsten mit Sicherheit anführen lassen, dass aber für die vorhistorische Zeit solche Erhebung durch eine Menge von Natur-Denkmalen für alle Küsten des Landes vom Cap Lindesnäs bis zum Nordcap auf das Bestimmteste erwiesen werde. Die wichtigsten Denkmale der Art sind die Ablagerungen von Seemuscheln in verschiedenen Höhen, bis zu 470, ja stellenweise bis zu fast 600 Fuss über dem Meeresspiegel; denn weil diese Muscheln denen noch heutzutage an der Norwegischen Küste lebenden Species angehören, so beweisen sie offenbar eine in sehr neuer Zeit Statt gefundene Erhebung des Landes und Meeresgrundes um mehre hundert Fuss. Unter den übrigen Denkmalen sind besonders die alten, durch Küstenterrassen, durch Sand- und Geröll-Ablagerungen, und Auswaschungen bezeichneten Strandlinien hervorzuheben. Die Hebung fand übrigens zu wiederholten Malen Statt, zwischen denen lange Perioden eines Stillstandes der Bewegung eingetreten sein müssen, wie diess die in verschiedenen Höhen über einander liegenden Küstenterrassen und Strandlinien beweisen *).

Dass es aber wirklich Hebungen des Landes und Meeresgrundes waren, durch welche alle diese Niveau-Aenderungen hervorgebracht worden sind, und dass man auch hier nicht zu der alten Erklärung einer Wasserverminderung des Meeres und eines dadurch hervorgebrachten Sinkens des Meeresspiegels seine Zuflucht nehmen kann **), diess ergiebt sich mit mathematischer Evidenz aus den sehr verschiedenen Höhen, zu welchen oft eine und dieselbe Strandlinie an verschiedenen Theilen der Küste ansteigt. Unter den vielen Beweisen für diese wichtige Thatsache ist besonders einer sehr interessant, welchen Bravais aus dem Altenfjord, hoch oben in Finnmarken, mitgetheilt hat. In diesem Meerbusen lassen sich zwei Uferterrassen über einander, vom Anfange des Fjordes bis hinaus nach Hammerfest, auf 16 bis 18 Seemeilen Länge verfolgen. Die ausgezeichnetste bildet im Hintergrunde des Fjordes ein kleines, meist aus Sand bestehendes Plateau von mehr als 67 Meter Höhe; unter ihr liegt in ungefähr 28 Meter Höhe eine zweite Terrasse; beide folgen in ihrem Verlaufe allen Biegungen der Küste, erscheinen dem Auge im Allgemeinen horizontal und parallel, und werden durch die in ihnen vorkommenden Muscheln als wirkliche Meeresbildungen charakterisirt. Bravais hat sich jedoch durch genaue Messungen überzeugt, dass diese beiden Uferter-

*) *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne,* Bd. I, 1837, S. 250 ff.

**) Wie diess in Bezug auf die Ostsee noch von Carl v. Raumer in seinen Kreuzzügen geschehen ist, was in München viel Beifall gefunden zu haben scheint, wo Wagner in seiner Geschichte der Urwelt, 1845, S. 73 die Ansicht einer Erhebung Schwedens als ein »desperates Mittel der Erklärung« und eben so S. 78 als »eine desperate Hypothese« bezeichnete.

rassen nur scheinbar horizontal und parallel sind, dass sie zwar dem Beobachter an jedem einzelnen Standpuncte so erscheinen, in Wirklichkeit aber von innen nach aussen geneigt sind, so dass sie im Hintergrunde des Fjordes am höchsten liegen und am weitesten von einander abstehen, nach dem freien Meere zu aber immer tiefer herabsinken und einander immer näher rücken. Bravais fand nämlich folgende Elemente:

	Höhe der obern Terrasse.	Höhe der untern Terrasse.	Abstand beider Terrassen.
im innersten Fjorde	67,4 M.	27,7 M.	39,7 M.
am Komafjord	51,8 -	20,5 -	31,3 -
bei Hammerfest	28,6 -	14,1 -	14,5 -

Keine andere Hypothese als die einer Erhebung des Landes kann diese Verhältnisse erklären, und nichts kann gewisser sein, als dass hier nach zweien Perioden der Ruhe zwei Erhebungen Statt gefunden haben, von welchen eine jede den inneren Theil des Landes weit höher hinaufdrängte, als die freie Meeresküste; gerade wie diess auch an den Küsten Englands so vielfach nachgewiesen worden ist*).

Eugène Robert fand auf der Insel Rolfsöe, westlich von Mageröe, 7 bis 8 alte Küstenlinien, welche alle durch Strandgeröll bezeichnet sind, in verschiedenen Höhen über einander liegen, und durch Torfboden von einander getrennt werden. Bei Hammerfest aber sah er in 60 bis 80 Fuss Höhe über dem Meeresspiegel eine Ablagerung von abgerundeten vulcanischen Schlacken, welche nur von Island oder Jan-Mayen durch das Meer angeschwemmt sein können, als das Land um so viel niedriger stand**). Auch auf Spitzbergen bei Bellsund fand er Beweise eines ehemaligen, um 120 F. höheren Standes des Meeres, in einer alten Strandbildung mit Muscheln, namentlich von *Mya* und *Saxicava*, wie sie noch jetzt im dortigen Eismeere leben. Dass endlich auch Island an seinen Küsten eine Menge Spuren eines sonst höheren Wasserstandes aufzuweisen hat, ist gleichfalls durch Robert bekannt worden***).

Im nördlichen Russland sind ebenfalls viele Erscheinungen nachgewiesen worden, welche eine ehemalige Submersion des Landes darthun. Murchison und Keyserling haben dort alte Meeres-Ablagerungen gefunden, welche sich 250 Werst landeinwärts von den Küsten des Eismeeres erstrecken. Am Einflusse der Waga in die Dwina liegen, 150 F. über dem Meeresspiegel, Schichten von Sand und Thon mit einer Menge frischer Conchylien, an denen oft noch die Farbe und das Liga-

*) Vergl. den Bericht über das *Mémoire* von *Bravais*, in *Comptes rendus, t.* 15, 1842, *p.* 817 ff.

**) Solche angeschwemmte Schlacken und Bimssteine erwähnt auch Vargas Bedemar in seiner Reise nach dem hohen Norden, Bd. II, S. 99 u. 289, so wie Keilhau in der erwähnten Abhandlung, S. 247 u. 249.

***) *Bull. de la soc. géol., t.* 13, 1842, *p.* 17 ff.

ment erhalten ist. Beck erkannte sie alle für identisch mit noch jetzt lebenden Species. An der Petschora fand Keyserling dergleichen Conchylien 45 geogr. Meilen weit aufwärts von der Mündung. Ueberhaupt ist das ganze nördliche Sibirien am Unterlaufe des Ob, Jenissei und der Lena erst nach der Zeit über den Meeresspiegel erhoben worden, als die Mammuthe, Rhinozeros und Ure weiter südlich gelebt haben.

Durch Forchhammers äusserst gründliche Untersuchungen ist es endlich auch erwiesen, dass ein grosser Theil von Dänemark gleichfalls in neuerer Zeit Erhebungen über den Meeresspiegel erfahren hat. Namentlich ist der nördliche Theil von Jütland sehr reich an Beweisen dafür; und ähnliche finden sich auf der Insel Bornholm, deren Ostküste noch jetzt im Steigen begriffen ist*).

Der Raum verbietet es, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen; es mag daher nur noch erwähnt werden, dass nicht nur an den Küsten der Continente, sondern auch auf den Sunda-Inseln, Philippinen und auf vielen Inseln des grossen Oceans, auf Neuholland und Vandiemensland die bestimmtesten Beweise für sehr neue Hebungen aufgefunden worden sind, weshalb die Emportreibung des Landes über den Meeresspiegel als eine ganz allgemeine Wirkung der plutonischen Kräfte, oder des Vulcanismus in der weitesten Bedeutung des Wortes, zu betrachten ist.

§. 81. *Senkungen des Landes und Meeresgrundes.*

Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die durch plutonische oder abyssodynamische Kräfte verursachte Erhebung des Landes und Meeresgrundes als eine ganz allgemeine Erscheinung kennen gelernt haben, welche sich in den zuletzt verflossenen Jahrtausenden wiederholt an sehr vielen Puncten der Erdoberfläche ereignet haben muss, welche, so weit sie der letzten Vergangenheit angehört, zum Theil historisch beglaubigt ist, und in manchen Fällen sogar noch vor unseren Augen vor sich geht; so müssen wir nun unsere Aufmerksamkeit der gegentheiligen Erscheinung zuwenden, welche sich als eine Senkung grösserer oder kleinerer Regionen des Landes und Meeresgrundes zu erkennen giebt. Auch diese Senkungen sind mehrfach so bestimmt nachgewiesen worden, dass sie gar nicht bezweifelt werden können; und da sie bisweilen in solchen Regionen vorkommen, welche unmittelbar an Hebungs-Regionen angränzen, so liefern sie zugleich den schlagendsten

*) Vergl. den Auszug aus Forchhammer's, vor der Naturforscherversammlung in Gothenburg gehaltenem Vortrage, in Oken's Isis, 1843, S. 207 ff.

Beweis gegen die Zulässigkeit jener Hypothese, welche das Hervortreten des Landes durch ein Sinken des Meeresspiegels erklären will. Denn, wie wäre es wohl denkbar, dass z. B. dasselbe Meer, welches durch das angebliche Sinken seines Wasserspiegels ein Auftauchen der Ostküsten Schwedens von Torneå bis nach Calmar bewirken soll, gleichzeitig ein Untertauchen der Küsten von Schonen bewirken könnte? — Es hiesse in der That, alle Gesetze des hydrostatischen Gleichgewichtes verläugnen, wenn man zu solchen Erklärungen seine Zuflucht nehmen wollte, nur um den alten Glaubensartikel von dem unbeweglichen Festliegen des Landes zu retten; ein Glaubensartikel, welchen fast jedes Erdbeben zu erschüttern vermag, wie ihn schon manches Erdbeben völlig umgestürzt hat.

Die Beweise für die Senkung des Bodens sind ebenfalls am sichersten an den Küsten der betreffenden Länder zu finden, wo der mittlere Stand des Meeresspiegels ein ziemlich*) unveränderliches Niveau darbietet, auf welches die Veränderungen im Stande des Landes bezogen werden können. Während aber die Hebungen vorzüglich aus den emergirten Producten des Meeres erschlossen werden, so sind es bei den Senkungen besonders die submergirten Ueberreste von Landvegetation und von Menschenwerken, welche die Beweisgründe geliefert haben. Wenn wir z. B. an manchen Küsten Eichen- und Buchenwälder, oder Ueberbleibsel von Mauern und Dämmen tief unter dem Meeresspiegel liegen sehen, so werden wir mit Sicherheit auf eine Senkung des betreffenden Küstenstriches schliessen, indem wir das Axiom als Prämisse aufstellen, dass jene Wälder oder diese Gebäude nothwendig auf dem Lande gewachsen oder erbaut sein müssen. Aber auch manche, unter ihr normales Niveau gesunkene Meeresgebilde haben in vielen Fällen den Beweis für ein Sinken des Meeresgrundes geliefert. Es sind nämlich die verschiedenen, und namentlich die sessilen, oder an ihrem Standpuncte angehefteten Meeresorganismen grossentheils an bestimmte Meerestiefen gebunden, innerhalb welcher sie vorzugsweise gedeihen und zu einer üppigen Entwicklung gelangen; was in denen mit der Tiefe wechselnden Verhältnissen des hydrostatischen Druckes, der Temperatur und der Helligkeit seinen Grund hat. Die meisten korallenbauenden Polypen z. B. sind nach Ehrenberg, Darwin und Dana immer an eine verhältnissmässig geringe, meist nur bis zu 20 Faden reichende Meeres-

*) Denn allerdings werden die über grössere Flächen des Meeresgrundes sich erstreckenden Hebungen und Senkungen im Laufe der Zeit eine angemessene Aenderung im Stande des Meeresspiegels verursachen müssen.

tiefe gewiesen, und vermögen ihr Leben und folglich auch ihren Korallenbau in bedeutend grösseren Tiefen nicht mehr fortzusetzen. Wenn sich also im grossen Ocean viele und bedeutende Korallenriffe finden, welche bis zu tausend Fuss Tiefe und noch weiter unter den Meeresspiegel hinabreichen, so werden wir dort mit demselben Rechte auf eine Senkung des Meeresgrundes schliessen, mit welchem wir anderwärts auf eine Hebung desselben geschlossen haben, wo die Korallenriffe hoch über den Meeresspiegel heraufgetreten sind. Dieses Argument ist es besonders, auf welches Darwin seine grossartige Ansicht über die säculare Einsenkung weit ausgedehnter Regionen des Meeresgrundes im Gebiete des grossen Oceans gegründet hat.

Weil übrigens das unter den Meeresspiegel gesunkene Land dem Blicke mehr oder weniger entzogen wird, während sich umgekehrt der zum Lande erhobene Meeresgrund der Beobachtung sehr zugänglich zeigt, so kann es uns nicht befremden, dass im Allgemeinen die Beweise für Senkungen weniger häufig aufgefunden worden sind, als die Beweise für Hebungen.

Submarine Wälder sind eine an manchen Küsten ziemlich häufige Erscheinung, und liefern uns wohl in der Regel einen vollgiltigen Beweis für eine verhältnissmässig sehr neue Senkung des Landes, wie diess schon von Correa de Serra in seiner Beschreibung der submarinen Wälder von Lincolnshire ausgesprochen worden ist*). Namentlich kennt man sie an vielen Küsten Englands und des nördlichen Frankreichs. So kommen sie nach Horner und De-la-Beche in Cornwall, Devonshire und Somersetshire so häufig vor, dass man an der Ausmündung der grösseren Flüsse ihre Spuren nur selten vermissen wird; zuweilen sind sie mit Schlamm oder Sand bedeckt, meist stehen die Stubben noch aufrecht und eingewurzelt, während die Stämme flach niedergestreckt liegen. Alle Bäume und Sträucher, deren Ueberreste in diesen submergirten Wäldern vorkommen, gehören denselben Species an, welche noch jetzt in den dortigen Gegenden wachsen, wodurch die Senkungen dieser Küstenstriche als verhältnissmässig neue Ereignisse bezeichnet werden. Da man bei Basin-Bridge, 12 Fuss tief unter dem Meeresspiegel, im Schlamme Altrömische Töpfergeschirre und nicht weit davon in 6 Fuss Tiefe Römische Strassenbauten gefunden hat, so könnte wohl ein Theil dieser Submersionen erst nach der Invasion Britanniens durch die Römer Statt gefunden haben**).

*) *Philos. Trans. for* 1799, *p.* 145 ff.

**) *De-la-Beche, Report on the Geology of Cornwall etc.*, 1839, *p.* 417 ff.

An der Ostküste des Landes ist die Erscheinung in einem noch grossartigeren Maassstabe zur Ausbildung gelangt; so zieht sich z. B. nach Rose an beiden Seiten des Wash, sowohl in Norfolk als in Lincolnshire, ein submariner Wald hin, dessen Stämme und Stubben bei niedrigem Wasserstande sichtbar werden, aber grossentheils dermaassen verfault sind, dass man mit dem Grabscheit einschneiden kann. Eben so finden sich nach Phillips an den Küsten von Yorkshire, und nach Fleming in Schottland am Firth of Forth und weiter nördlich untermeerische Wälder, welche zum Theil mit Torfmooren in Verbindung stehen, deren eines am Firth of Tay, nach den Mittheilungen von Buist, 15 bis 25 Fuss hoch mit Thon bedeckt ist, der stellenweise sehr reich an Meeresconchylien ist. Sehr bedeutend sind auch diese submarinen Wälder an der Westküste Englands in Cheshire, zwischen den Flüssen Mersey und Dee; und auf den Orkney-Inseln so wie auf einer der Hebriden sind ähnliche Erscheinungen beobachtet worden *).

In Frankreich sind es besonders die Küsten der Normandie und der Bretagne, wo man mehrfach Beweise von Senkungen kennen gelernt hat. Bei Morlaix findet sich ein submariner Wald, der grossentheils mit Sand überschwemmt ist, eben so bei Beauport, Cancale und an anderen Küstenpuncten. Der Abbé Manet hat in diesen Wäldern auch Ruinen von Gebäuden nachgewiesen, dergleichen vom Capt. White gleichfalls mehrorts beobachtet worden sind. Der letztere hat in der Bai von Cancale, wo die Fluth bis 50′ hoch steigt, bei dem tiefsten Ebbestande, so weit das Auge unter das Wasser reichen konnte, die Baumstämme erkannt, so dass manche derselben jetzt 60 Fuss unter dem Hochwasserstande stehen müssen. Uebrigens ist es geschichtlich erwiesen, dass die Versinkung dieser Wälder im Anfange des 8. Jahrhunderts, und zwar plötzlich erfolgte **). — An diese Erscheinungen knüpft sich die eigenthümliche Beschaffenheit der Ausmündungen mancher Flüsse an, wie solche durch Jean Reynaud von dem Flusse bei Pontrieux bekannt worden ist. Dieser Fluss hat bei der tiefsten Ebbe in seiner Mündung 18 Meter Tiefe; sein Bett lässt sich aber unter dem Meere mit immer zunehmender Tiefe 1¼ geogr. Meile weit verfolgen, bis es mit 110 oder 120 Fuss Tiefe in dem flachen Grunde des Canals ausmündet. Dieses submarine Flussbett ist zwischen zwei flachen Plateaus eingesenkt, welche sich unmittelbar an die flache Küste anschliessen, zur Fluthzeit aber von ihr abgesondert sind, und dann die Insel Bréhat bilden, welche eine 36 bis 40 Fuss mächtige Süsswasserbildung trägt, in welcher ausser Süsswasser-Conchylien auch Knochen jetzt lebender Säugethiere und Fragmente von Thongeschirr vorkommen. Der tiefe Canal dieses Flussbettes muss offenbar zu einer Zeit gebildet worden sein, da das Land höher lag, und liefert uns ein sehr lehrreiches Beispiel dafür, wie auch die submergirten Werke der Landgewässer als Beweise einer Senkung des Landes gelten können, welche übrigens in derselben Gegend durch die submarinen Wälder von Morlaix und Beauport dargethan wird ***).

*) De-la-Beche, Handbuch der Geognosie, übers. v. Dechen, S. 158 ff. und *Lyell*, *Principles*, 7. *ed.*, *p.* 288.

**) *Smith*, im *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *vol. III*, 1847, *p.* 237 f.

***) *Reynaud*, in den *Comptes rendus*, *t.* 26, 1848, *p.* 218.

Wir haben im vorigen Paragraph gesehen, dass die säculare Hebung der Ostküste Schwedens nach Süden hin allmälig geringer wird, und z. B. bei Calmar nur noch etwa einen Fuss im Laufe eines Jahrhunderts beträgt. Weiterhin erreicht sie auch in der That ihre Gränze; denn in der Gegend von Sölvitsborg, an der Nordgränze Schonens, verschwinden alle Spuren derselben. Dafür findet aber in Schonen selbst das entgegengesetzte Verhältniss Statt, indem der südliche Theil dieser Provinz seit langer Zeit und bis auf den heutigen Tag in einer ganz allmäligen Senkung begriffen ist, wie Nilsson durch sehr entscheidende Thatsachen erwiesen hat.

Dort werden nicht nur alle diejenigen Erscheinungen, welche für das nördliche Schweden eine Hebung darthun, gänzlich vermisst, sondern auch andere Erscheinungen wahrgenommen, welche als directe Beweise einer Senkung des Landes zu betrachten sind. So fand Nilsson bei Trelleborg den Abstand eines grossen Steines von dem Rande des Meeres im Jahre 1836 um 380 Fuss kleiner, als ihn Linné 87 Jahre früher bestimmt hatte; das Steinpflaster in Trelleborg liegt jetzt so niedrig, dass es bei hohem Wasser überschwemmt wird, und unter ihm hat man in 3 Fuss Tiefe ein anderes Strassenpflaster gefunden; in Malmöe, wo die eine Strasse gleichfalls bei gewissen Winden unter Wasser gesetzt wird, fand sich ein solches zweites Pflaster sogar in 8 Fuss Tiefe. An der Küste liegen mehrorts, 4 bis 6 Fuss mächtige, aus Landpflanzen gebildete Torfschichten zwei Fuss tief unter dem Spiegel des Meeres; in einer solchen Torfschicht, welche von einem mächtigen, zwischen Ystad und Falsterboe hinlaufenden, aus Sand, Geröll und Feuersteinblöcken bestehenden Strandwall (dem Göraback) bedeckt wird, fand Nilsson ausser vielen Süsswasser-Conchylien auch Lanzenspitzen aus Feuerstein. Alle diese Thatsachen sind nur aus einer Senkung des Landes und angränzenden Meeresgrundes zu erklären*).

Dass ein grosser Theil Grönlands, vom 60. bis vielleicht zum 69. Breitengrade, sich gleichfalls im Zustande des Sinkens befindet, ist durch die Beobachtungen von Graah und Pingel sehr wahrscheinlich gemacht worden. Schon um das Jahr 1778 bemerkte Arctander, dass eine kleine Felseninsel im Meerbusen Igaliko, unter 60° 43′ Breite, bei Springfluthen fast ganz überschwemmt werde, obgleich darauf noch die Mauern eines Hauses standen; im Jahre 1830 ragten nur noch die Ruinen dieses Hauses aus dem Wasser hervor. Bei Frederikehaab unter 62° waren einst Grönländer angesiedelt, über deren in Steinhaufen verwandelte Wohnungen das Meer jetzt hinwegströmt; ähnlich verhält es sich mit Ansiedelungen in der Nähe der Colonie Godthaab unter 64° 19′;

*) Poggendorffs Annalen, Bd. 42, 1837, S. 473; Oken's Isis, 1845, Heft 4, S. 283. *Lyell, Principles, 7. ed., p.* 506.

auch bei Napparsok, 10 Meilen von Ny-Sukkertop (65° 20′), sollen bei niedrigem Wasserstande die Ruinen alter Grönländischer Winterwohnungen sichtbar werden; daher Pingel vermuthet, dass dieselben Beweise einer Senkung des Landes bis Disco-Bay vorliegen dürften*).

Klöden hat in einer sehr fleissigen Abhandlung aus vielen geographischen und anderen Werken, zumal von Hacquet, Donati und Fortis, viele Beweise für die Ansicht zusammengestellt, dass auch die Küsten von Dalmatien im Sinken begriffen sind. Diese Beweise beziehen sich alle auf so unläugbare Thatsachen, dass die aus ihnen gezogene Folgerung einer allgemeinen, aber langsamen und allmäligen Einsenkung Dalmatiens durchaus nicht bezweifelt werden kann. Auch dürften die zahllosen Erdfälle, welche Istrien und Dalmatien durchlöchern, eben so wie die schroffen Küsten mit vorliegenden grossen Meerestiefen und die häufigen Erdbeben, von denen das Land heimgesucht wird, mit dieser Bewegung seiner Grundfesten in naher Verbindung stehen**).

Schon im Jahre 1831 sprach Lyell***) die Idee aus, dass sich der Meeresgrund jener weit ausgedehnten Regionen des Stillen Oceans, in welchen die ringförmigen Koralleninseln oder sogenannten Atolls sehr zahlreich auftreten, im Zustande einer säcularen Senkung befinden möge; er stützte diese Idee auf den gänzlichen Mangel an grösseren Inseln von anderer Natur, und auf die eigenthümlichen Structur- und Form-Verhältnisse der Atolls. Dieselbe Idee wurde bald nachher von Darwin erfasst, und in einer so überzeugenden Weise geltend gemacht, dass man ihr seine Anerkennung durchaus nicht versagen kann. Die Thatsache, dass die meisten von denen die Korallenriffe erbauenden Polypen nur bis zu 120 Fuss Tiefe unter dem Meeresspiegel leben, würde nämlich die Erfüllung einer so ungeheuren Fläche des Oceans mit ganz flachen Koralleninseln als eines der unbegreiflichsten Räthsel erscheinen lassen, dafern der Meeresgrund unterhalb dieser Fläche in beständiger Unbeweglichkeit geblieben wäre. Denn weil derselbe Theil des Oceans überall eine sehr grosse Tiefe besitzt, so würden wir auf den ersten Anblick zu der unglaublichen Voraussetzung genöthigt sein, dass ursprünglich überall, von seinem Grunde aus bis zu einer fast gleichen Höhe unter seinem Spiegel, eben so viele submarine Berge aufragten, als es Koralleninseln giebt. Diese an und für sich ganz paradoxe Voraussetzung

*) Neues Jahrbuch für Min., 1837, S. 339.

**) Poggend. Annalen, Bd. 43, 1838, S. 361 ff.

***) In der ersten Ausgabe seiner *Principles of Geology, vol. II, p.* 296.

wird nun aber schon durch die andere Thatsache widerlegt, dass die meisten jener Koralleninseln als solche in sehr grosse Tiefen hinabreichen, dass also die Basis, von welcher aus die Korallenthiere ihren Bau begonnen haben, gegenwärtig sehr weit unter dem Niveau derjenigen Tiefengränze liegt, oberhalb welcher allein diese Thiere üppig wachsen und gedeihen können. Diese zweite Thatsache kann nun offenbar nur durch die Annahme erklärt werden, dass der Meeresgrund zu jener Zeit, als der Bau dieser Koralleninseln seinen Anfang nahm, weit höher lag, als gegenwärtig, dass er aber im Laufe der Zeiten bis zu seiner gegenwärtigen Tiefe gesunken ist, und dass solche Senkung langsam und allmälig genug erfolgte, um einen stetigen und ununterbrochenen Nachwuchs immer neuer Korallenstöcke möglich zu machen*).

Wir werden uns im zweiten Theile ausführlich mit den Korallenriffen und Koralleninseln beschäftigen, welche hier nur insofern berücksichtigt werden mussten, wiefern sie einen unumstösslichen Beweis für die Wirklichkeit sehr bedeutender säcularer Senkungen des Meeresgrundes in einem grossen Theile des Oceans liefern.

D. Ursache der Erdbeben und vulcanischen Eruptionen.

§. 82. *Identität der Grundursache der Erdbeben und der vulcanischen Eruptionen.*

Die meisten Geologen sind völlig einverstanden darüber, dass die Grundursache der Erdbeben mit jener der vulcanischen Eruptionen durchaus identisch sei. In der That lassen auch sehr viele Erscheinungen auf einen nothwendigen Zusammenhang zwischen den beiderlei Ereignissen schliessen, welchen wir nicht einfacher auffassen und aussprechen können, als mit der Behauptung, dass das *primum mobile* bei ihnen beiden ein und dasselbe ist. Als solche Erscheinungen sind besonders folgende hervorzuheben:

1) Die beständige Begleitung der vulcanischen Eruptionen von Erdbeben;

*) *Darwin, The structure and distribution of Coral-Reefs, London* 1842. Die in diesem Werke niedergelegten Ansichten sind durch die Nordamerikanische Expedition im Allgemeinen vollkommen bestätigt worden.

2) Der Antagonismus oder die Wechselwirkung, welche so häufig zwischen Erdbeben und vulcanischen Eruptionen beobachtet worden ist;
3) Die Einwirkung mancher Erdbeben auf die Dampfaushauchungen fern liegender Vulcane, und
4) Das nicht seltene Vorkommen der ausgedehntesten und stärksten Erdbeben in solchen Gegenden, wo es gar keine Vulcane giebt.

Es ist schon oben in §. 47, 48 und a. a. O. gelegentlich erwähnt worden, dass alle vulcanischen Eruptionen im Gefolge von Erdbeben aufzutreten pflegen, welche den Berg und seine Umgegend auf grössere oder geringere Entfernungen erschüttern. Diese vulcanischen Erdbeben treten nun in der Regel schon vor der eigentlichen Eruption ein, nehmen bis zum Beginn derselben und namentlich der Aschen- Sand- und Schlacken-Auswürfe an Häufigkeit und Stärke zu, lassen aber bedeutend oder auch gänzlich nach, sobald die Lava-Ausbrüche in Gang gekommen sind. Ueberhaupt aber pflegen die Erdbeben in der Umgegend eines Vulcans öfter und stärker in den Perioden der Ruhe, als in den Perioden seiner Thätigkeit vorzukommen. Diese Erfahrung ist so gewöhnlich, dass sich die Bewohner vulcanischer Gegenden, wie z. B. Neapels und Siciliens, vor den Erdbeben gesichert glauben, wenn nur der benachbarte Vulcan in den Zustand der Eruption getreten ist, und dass man in Quito das Eintreten von Erdbeben dann am meisten befürchtet, wenn die dortigen Vulcane längere Zeit keine Dampfaushauchungen gezeigt haben. Aus allen diesen Verhältnissen der vulcanischen Erdbeben ergiebt sich aber offenbar, dass sie nichts Anderes als die dynamischen Wirkungen derselben Kraftäusserung sind, welche endlich die Eruption zu Wege bringt.

Der in dem zuletzt erwähnten Verhältnisse eigentlich schon angedeutete Antagonismus zwischen den Erdbeben und den Eruptionen der Vulcane giebt sich auf eine noch weit auffallendere Weise dadurch zu erkennen, dass nicht selten auch die grösseren, plutonischen Erdbeben in einer ähnlichen reciproken Beziehung zu den Eruptionen entfernter Vulcane stehen, als ob sie sich gegenseitig ausschlössen. So waren z. B. in den Jahren 1771 bis 1778 der Vesuv und der Aetna sehr ruhig, während ganz Italien fast unaufhörlich von Erdbeben heimgesucht wurde; als aber dann im September des Jahres 1778 der heftige Ausbruch des Vesuv begann, welcher im Jahre darauf so merkwürdige Erscheinungen zeigte, da beruhigte sich der Boden Italiens bis zu dem grossen Erdbeben von Calabrien, während dessen wiederum weder der Vesuv noch der Aetna eine auffallende Thätigkeit zeigten.

Nach dem Erdbeben von Riobamba (4. Febr. 1797) in Quito wurden die Antillen fast acht Monate lang durch Erdbeben beunruhigt, bis ihnen der am 27. September erfolgte Ausbruch des lange erloschen gewesenen Vulcans auf Guadeloupe ein Ziel setzte; als aber dieser Vulcan wieder zur Ruhe gekommen war, so begannen die Erdbeben in Venezuela, welche am 14. December die Zerstörung von Cumana herbeiführten. Sehr merkwürdig ist auch die Reihenfolge der Erscheinungen, welche in den Jahren 1811 und 1812 in den Antillen und in Nordamerika Statt fanden. Am 16. December 1811 begannen die Bewegungen in den Gegenden des Mississippithales, welche sich mit abwechselnder Stärke über ein ganzes Jahr hindurch fortsetzten, und namentlich am 7. und 8. Februar 1812 eine solche Heftigkeit erlangten, dass der Boden in ununterbrochenen Schwankungen war; am 26. März erfolgte das fürchterliche Erdbeben von Caracas; endlich gerieth am 27. April der fast seit hundert Jahren ruhig gewesene Vulcan der Insel St. Vincent in Eruption, welches Ereigniss gewissermaassen die Krisis bei dieser ganzen Aufregung gebildet zu haben scheint, indem von da an die Erdbeben allmälig wieder schwächer wurden. Hoffmann ist nicht abgeneigt, die dreimonatlichen furchtbaren Erdbeben, welche im Jahre 1759 einen grossen Theil von Syrien verheerten, mit der gewaltigen Eruption und Erhebung des Jorullo in Mexico in einem ähnlichen antagonistischen Verhältnisse zu denken*).

Einen dritten und sehr auffallenden Beweis für den Zusammenhang zwischen den Erdbeben und Vulcanen finden wir in der Einwirkung, welche manche Erdbeben auf die Dampf-Exhalationen weit entfernter Vulcane ausgeübt haben. Bei dem grossen Erdbeben von Lissabon wurde der Vesuv, welcher sich gerade vorher in einiger Aufregung befunden hatte, plötzlich beruhigt, und die von ihm aufsteigende Rauchsäule schlug sogar in den Krater zurück. Eben so soll auch der immer thätige Stromboli im Jahre 1783, während des Erdbebens von Calabrien in seiner Thätigkeit pausirt und seine Dampfentwicklung sistirt haben. Der Vulcan von Pasto in Columbien, welcher zu Anfang des Jahres 1797 ununterbrochen schwarze dicke Dampfwolken ausgestossen hatte, hörte am 4. Februar plötzlich auf zu rauchen, als in der Provinz Quito das fürchterliche Erdbeben von Riobamba eintrat. Diese zeitliche Coincidenz eines so merkwürdigen Symptoms gehemmter vulcanischer Thätigkeit mit den Erschütterungen weit entfernter Gegenden verweist uns offenbar auf

*) Hinterlassene Werke, II, S. 439.

einen unterirdischen Zusammenhang beider Erscheinungen und auf eine Identität der ihnen zu Grunde liegenden Ursache.

Sogar der Umstand, dass die grossartigsten und ausgedehntesten Erdbeben meist solche Regionen der Erdoberfläche betroffen haben, in welchen es wenige oder gar keine Vulcane giebt; sogar dieser Umstand lässt sich als ein Beweis für einen tieferen Zusammenhang zwischen den Erdbeben und den vulcanischen Eruptionen betrachten. Denn wenn die Erdbeben nur die dynamischen Wirkungen derselben Kraftäusserung sind, durch welche in den Vulcanen wirkliche materielle Producte zu Tage gefördert werden; wenn diese von den Vulcanen ausgestossenen Stoffe gleichsam die *materia peccans* vorstellen, durch welche alle jene unterirdischen Convulsionen und Paroxysmen herbeigeführt werden, so ist es wohl ganz natürlich, dass jene dynamischen Wirkungen in denjenigen Regionen die grösste Stärke und Ausdehnung gewinnen müssen, in welchen gar keine Eruptionscanäle für die Ausstossung des überflüssigen Materials gegeben sind.

Nach diesem Allen können wir es wohl als eine erwiesene Wahrheit betrachten, dass die vulcanischen Eruptionen und die Erdbeben durch eine und dieselbe Grundursache bedingt werden. Wenn wir aber schon oben in §. 44 aus der grossen Verbreitung der Vulcanreihen das Resultat folgerten, dass die materielle Ursache der Vulcane überall in den Tiefen der Erde vorhanden sein müsse, so finden wir eine Bekräftigung dieses Resultates in der noch weit allgemeineren Verbreitung der Erdbeben, welche uns die Allgegenwart solcher Ursache fast als eine Nothwendigkeit erscheinen lassen.

Das Verhältniss der Vulcane zu den Erdbeben lässt sich aber im Allgemeinen so auffassen, dass die ersteren die Ableiter der letzteren sind. „Die thätigen Vulcane, sagt Humboldt*), sind als Schutz- und Sicherheits-Ventile für die nächste Umgegend zu betrachten"; sie sind es aber nicht nur für die nächste Umgegend, sondern für die Erdoberfläche überhaupt, deren Stabilität ganz vorzüglich durch das Dasein der Vulcane gesichert sein dürfte. Denn, gleichwie die Umgegend eines thätigen Vulcans um so mehr von Erdbeben bedroht ist, je länger der Vulcan im Zustande der Ruhe verharrte, und je tiefer sich sein Eruptionscanal verstopft hat, so würde auch gewiss die Erdoberfläche überhaupt durch die heftigsten und ausgedehntesten Erdbeben gefährdet sein, wenn auf einmal

*) Kosmos, Bd. I, S. 222.

alle Vulcane in völlige Unthätigkeit verfallen, wenn sich alle Eruptionscanäle gänzlich verschliessen sollten*).

Von den zahlreichen Auctoritäten, welche sich für die Identität der Grundursache der Vulcane und Erdbeben ausgesprochen haben, mögen nur einige angeführt werden. So sagte Parrot in seinem Grundrisse der Physik der Erde, S. 289: „Die Analogie der vulcanischen Phänomene (mit denen der Erdbeben), die Aehnlichkeit der Wirkungen im Ganzen, die Gleichheit der Kräfte und die Uebereinstimmung der einzelnen Theile der beiden grossen Phänomene liegt uns zu nahe, als dass wir die Theorie der Erdbeben anderswo, als in der Theorie der Vulcane suchen sollten. Delametherie hat zuerst diese Analogieen in ein grosses Licht gesetzt" u. s. w. Eben so sprach sich v. Hoff, dieser gründliche Forscher im Gebiete der beiderlei Erscheinungen, folgendermaassen aus: „Es zeigt sich bei allen, den Erdbeben angehörigen Erscheinungen eine Aehnlichkeit mit den Phänomenen der Vulcane, welche kaum erlaubt zu zweifeln, dass beide von einerlei Ursachen hervorgebracht werden, und nur verschiedene Arten sind, wie sich die Wirkungen dieser Ursachen zu erkennen geben, nach Verschiedenheit der Lage und Beschaffenheit der Oberfläche oder desjenigen Theils der Erdrinde, auf den sie wirken. Die Erscheinung, welche die eigentlichen Vulcane von den Erdbeben unterscheidet, ist fast nur das Dasein des permanenten Kraters und die Wiederholung der Ausbrüche durch denselben, oder in dessen nächstem Umkreise. Alle übrigen Phänomene der Vulcane, das unterirdische donnerähnliche Getöse, das Bewegen, Emporheben und Zersprengen des Bodens, und das Ausströmen von elastischen Flüssigkeiten, die Entzündung, ja selbst das Auswerfen von mineralischen Substanzen, kommen dann und wann, mehr oder weniger bei Erdbeben wie bei vulcanischen Ausbrüchen vor, selbst wenn jene sich fern von thätigen Vulcanen ereignen; und die eigentlichen vulcanischen Ausbrüche sind fast immer von Erschütterungen begleitet, oder werden durch diese angekündigt." An einem andern Orte sagt derselbe: „Der Umstand, dass die mit mehren offenen Vulcanschlünden besetzten Japanischen Inseln sich zwar in fast immerwährender innerer Bewegung befinden, aber nur selten von heftigen Erdbeben leiden; — die ganz ähnliche, ja in dieser Art noch deutlicher hervortretende Beschaffenheit der Insel Java, über deren ganze Ausdehnung die offenen Vulcanschlünde in fast gleichförmigen und kleinen Entfernungen ver-

*) Schon die Alten hatten die Ansicht, dass die vulcanischen Erdbeben besonders durch die Verstopfung des Eruptionscanals herbeigeführt werden. So finden wir bei Strabo die Bemerkung: seitdem die Mündungen des Aetna geöffnet sind, durch welche das Feuer emporbläst, und seitdem glühende Massen und Wasser hervorstürzen können, wird das Land am Meeresstrande nicht mehr so erschüttert, als zu der Zeit, wo alle Ausgänge in der Oberfläche verstopft waren; (Kosmos, I, S. 223). Dieselbe Ansicht ist in manchen Gegenden Amerikas unter dem Volke verbreitet; und nach dem furchtbaren Erdbeben von Chile im Jahre 1835 schoben die unteren Classen in Talcahuano die Schuld davon auf einige alte Indianerfrauen, welche aus Rachsucht den Vulcan von Antuco verstopft hätten. *Darwin* in *Voyages of the Adventure*, u. s. w., *III*, 374.

theilt sind; — die öfteren sehr heftigen Erdbeben in Peru, da, wo sich in der Linie eines unverkennbaren Vulcanzuges, auf eine sehr grosse Erstreckung, eine Unterbrechung in der Reihe der offenen Schlünde zeigt*); — dieses Alles beweist auf das Deutlichste, dass Erdbeben durch dieselben Ursachen bewirkt werden, welche die vulcanischen Ausbrüche hervorbringen, und dass die letzteren die Ableitungsmittel für die ersteren sind"**). Auch Hoffmann, welcher in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Vulcane und die mit ihnen verbundenen Erscheinungen (Hinterlassene Werke, II, S. 431 ff.) dem Zusammenhange der Erdbeben und Vulcane ganz besondere Aufmerksamkeit widmete, eröffnet die Betrachtung darüber mit folgenden Worten: „Es ist sehr häufig, im Laufe wechselnder Ansichten im Gebiete der geologischen Forschungen, der Fall gewesen, dass die Erdbeben von den im engern Sinne so genannten vulcanischen Erscheinungen getrennt wurden. Nichtsdestoweniger gehören beide Erscheinungen so entschieden zusammen, dass wir nie daran gezweifelt, und die Erdbeben stets mit den Aeusserungen der vulcanischen Kräfte als identisch betrachtet haben."

§. 83. *Ursache der Erdbeben und vulcanischen Eruptionen.*

Nachdem wir die wichtigsten Erscheinungen und Wirkungen***) der Erdbeben kennen gelernt, und uns von der Identität ihrer Ursache mit jener der vulcanischen Eruptionen überzeugt haben, müssen wir uns noch in aller Kürze mit der Frage nach der Natur dieser Ursache beschäftigen.

*) Vergl. oben S. 107 die Bemerkung von Meyen.

**) Geschichte der natürlichen Veränderungen u. s. w., II, S. 72 und 548. Gerade so sprach sich auch *Murchison* aus: *The volcano and the earthquake are in truth dependent on the same cause, and are but the outward signs of internal heat. The one is the safety-valve, by which heated matter escapes at intervals from the interior; the other is the shock, which lacerates the solid ribs of the earth, when that heated matter and its vapours are denied an access to the atmosphere. The Silurian System, p. 72.*

***) Wir hätten noch einen besonderen Paragraphen über die Wirkungen der Erdbeben auf Menschen und Thiere einschalten können, haben diess jedoch unterlassen, weil diese Erscheinungen für die Geognosie wenig oder gar keine Bedeutung haben, und weil das Capitel ohnediess sehr lang geworden ist. Daher mag hier nur beiläufig erwähnt werden, dass viele Thiere vor und während der Erdbeben eine auffallende Beunruhigung verrathen; namentlich hat man beobachtet, dass die in der Erde lebenden Thiere, als Ratten, Mäuse, Maulwürfe, Eidechsen und Schlangen, ihre Schlupfwinkel verlassen, und sich unruhig hin und her bewegen; eben so zeigen die gewöhnlichen Hausthiere, Pferde, Rinder, Ziegen, Schweine, Hunde, Katzen u. a. ein auffallend ängstliches Benehmen; die Pferde scheuen sich, die Viehheerden drängen sich zusammen, das Geflügel läuft oder flattert wie aufgescheucht umher. Der Mensch, welcher die Gefahren des Erdbebens kennt und vor-

Dass der Sitz derselben sehr tief in den Eingeweiden der Erde zu suchen sei, darüber sind wohl mit wenig Ausnahme alle Geologen einverstanden. „Der Heerd des Uebels," sagt Humboldt bei der Schilderung der Erdbeben, „der Sitz der bewegenden Kraft liegt tief unter der Erdrinde; aber wie tief, diess wissen wir eben so wenig, als welches die Natur so hochgespannter Dämpfe sei," (Kosmos, I, S. 222); und schon weit früher sprach er sich dahin aus: *que ces causes résident à d'immenses profondeurs, et qu'il faut les chercher dans les roches, que nous appelons primitives, peut-être même au dessous de la croûte oxydée du globe**). Eben so hebt es v. Hoff hervor, wie besonders die weite Ausdehnung mancher Erdbeben und ihre Fortpflanzung unter die tiefsten Meere die Ansicht rechtfertige, dass sich der Sitz ihrer Ursache, wie jener der Ursache der vulcanischen Eruptionen, in grosser Tiefe unter der Erdoberfläche befinden muss**). Auch Perrey, welcher sich

hersieht, welcher es weiss, dass oft viele Tausende seines Geschlechtes das Opfer einer einzigen solchen Katastrophe geworden sind, wird nicht nur gemüthlich aufgeregt, so dass die Bevölkerung ganzer Städte und Länder in Schrecken und Entsetzen verfällt, sondern er wird, auch bei gefahrlosen Erdbeben, körperlich afficirt, indem die schwankenden Bewegungen bei vielen Personen dieselbe Wirkung äussern, wie die Schwankungen eines Schiffes, so dass sich Schwindel und andere Symptome der Seekrankheit einstellen. Ueber die moralische Wirkung der Erdbeben spricht sich Al. v. Humboldt sehr schön in folgenden Worten aus: »Das erste Erdbeben, welches wir empfinden, hinterlässt einen unaussprechlich tiefen und ganz eigenthümlichen Eindruck. Was uns dabei so wundersam ergreift, ist besonders die Enttäuschung von dem angebornen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wir an den Contrast zwischen dem beweglichen Elemente des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun plötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnissvoll eine unbekannte Naturmacht, als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens. Enttäuscht sind wir über die Ruhe der Natur; wir fühlen uns in den Bereich zerstörender unbekannter Kräfte versetzt. Man traut gleichsam dem Boden nicht mehr, auf den man tritt.« (Kosmos, I, 224.) Diess erinnert an die ähnlichen Betrachtungen Seneca's: *Quid enim cuiquam satis tutum videri potest, si mundus ipse concutitur, et partes ejus solidissimae labant? Si, quod unum immobile est in illo fixumque fluctuat; si, quod proprium habet terra, perdidit, stare; ... si hoc, quod nos tuetur ac sustinet, supra quod urbes sitae sunt, quod fundamentum quidam orbis esse dixerunt, discedit ac titubat?* (*Natural. Quaest. VI,* 1.)

*) *Voyage aux regions équinoctiales etc., I, p.* 318.

**) Geschichte der natürl. Veränd. u. s. w., II, S. 79 u. 366. Desungeachtet sprach sich ein zu seiner Zeit sehr fleissiger und viel bewanderter Geognost noch im Jahre 1834 dahin aus, dass die Erdbeben ihren Sitz vorzugsweise in den oberen

neuerdings mit so gründlichen Untersuchungen über gewisse allgemeine Verhältnisse der Erdbeben beschäftigt hat, gelangt auf dasselbe Resultat; und so liessen sich noch zahlreiche Auctoritäten für diese Ansicht aufführen.

In der That bedarf es auch nur einer aufmerksamen Betrachtung der Erscheinungen, welche namentlich die grösseren Erdbeben gezeigt haben, um die Ueberzeugung von der Richtigkeit dieser Ansicht zu gewinnen. Gewaltsame Bewegungen der Erdkruste, welche sich, wie das Lissaboner Erdbeben, über den dreizehnten Theil der ganzen Oberfläche des Planeten, oder, wie die Erdbeben der Westküste Südamerikas, auf mehre hundert Meilen Länge erstreckt haben, können ihre Ursache unmöglich in den oberflächlichen Schichten der Erdkruste haben. Dasselbe gilt aber auch von den ruhig vor sich gehenden säcularen Hebungen und Senkungen grosser Theile der Erdkruste, und von denen durch vulcanische Eruptionen hervorgebrachten Erschütterungen und Erzitterungen des Bodens, von welchen wir gleichfalls wissen, dass sie sich oft über unglaublich grosse Räume verbreitet haben (S. 133). Eben so lässt aber auch die erstaunliche Länge mancher Vulcanreihen auf eine grosse Tiefe des vulcanischen Heerdes schliessen (S. 116). Wir glauben es daher als eine unumstössliche Wahrheit hinstellen zu können, dass die erste Ursache der Erdbeben, der säcularen Dislocationen der Erdkruste und der vulcanischen Erscheinungen ihren Sitz in einer sehr grossen Tiefe unter der Erdoberfläche haben müsse.

Stellen wir uns nun aber die Frage, welche Ursache wohl als die gemeinschaftliche Quelle der genannten Erscheinungen zu betrachten sei, so werden wir nicht leicht eine befriedigendere Antwort finden, als die, dass es der Vulcanismus (S. 77) oder die Reaction zwischen dem feurig-flüssigen Kerne und der starren Schale nebst der Wasserhülle unsers Planeten sei, aus welcher sich die eine wie die andere Erscheinung am einfachsten erklären lassen dürfte.

Die starre Kruste umschliesst das flüssige Innere des Planeten, und auf der Gränze beider muss sich derselbe Erstarrungsprocess noch gegenwärtig fortsetzen, durch welchen ursprünglich die Erdveste entstanden ist. Denn, wie unmerklich auch jetzt der Ausfluss der inneren Wärme ist, so findet er doch in einem geringen Grade ununterbrochen Statt, und

Schichten, nicht aber in grosser Tiefe haben, indem die unterirdische Atmosphäre, vorzüglich in diesen obersten Schichten Erzitterungen erleidet, und die umgebende Erdmasse nach Art eines Resonanzbodens mit erzittert. Keferstein, Die Naturgeschichte des Erdkörpers, II, S. 173 ff.

es kann nicht bezweifelt werden, dass an der Innenseite der Erdveste noch fortwährend flüssiges Material in den Zustand der Starrheit übergeht*). Nun sind zwar die meisten flüssigen Körper bei der Erstarrung einer Verminderung, und nur wenige wie z. B. Wasser und Wismut einer Vergrösserung ihres Volumens unterworfen; allein wir müssen bedenken, dass die Dichtigkeitsverhältnisse der Körper in den sehr grossen Tiefen der Erde, wo der Vulcanismus residirt, wesentlich andere sein werden, als an der Oberfläche, wo wir mit ihnen experimentiren. Der Druck der aufliegenden Massen wird dort verdichtend auf alles Material wirken; flüssige Körper sind aber mit einer weit stärkeren Compressibilität begabt, als starre Körper, und es kann daher, bei angemessenen Verhältnissen der Compression, sehr leicht der Fall eintreten, dass das meiste, ja vielleicht dass alles feurigflüssige Material, welches an der Innenseite der Erdveste allmälig erstarrt, bei dieser Erstarrung einer Vergrösserung seines Volumens unterliegt.

Die unausbleibliche Folge hiervon kann aber keine andere sein, als dass während des langsam fortgehenden Erstarrungsprocesses eine Capacitäts-Verminderung der festen Erdkruste eintritt, dass also der von ihr umschlossene und mit dem feurigflüssigen Materiale erfüllte Raum verkleinert wird**). Dadurch wird aber nothwendig ihr flüssiger Inhalt eine Verstärkung des Druckes erleiden, welche wiederum eine Reaction gegen die Erdveste selbst zur Folge hat. Der Gleichgewichtszustand, wie solcher in einer der Wirkung der Schwerkraft und Rotation angemessenen Weise hergestellt war, wird also gestört werden, und wäre die

*) Zwar ist nach Fourier der Wärmeausfluss aus dem Erdinnern gegenwärtig sehr gering, weil er durch die solare Erwärmung zum Theil compensirt und gehemmt wird. Allein er ist doch fortwährend im Gange, und die Polargegenden sind offenbar diejenigen Regionen, wo er am wenigsten gehemmt wird, daher wohl auch der Fortgang des Erstarrungsprocesses dort am bedeutendsten sein und die Erdveste dort eine grössere Dicke erlangt haben dürfte, als zwischen den Tropen. Während diese Verstärkung der Erdkruste in den kalten Zonen einer Verminderung eben so wie einer Vergrösserung ihrer Abplattung entgegenwirkt, wird dagegen für den flüssigen Erdkern eine Verstärkung der Abplattung herbeigeführt worden sein; daher sich zwei Ursachen vereinigen, um im Allgemeinen Rupturen der Erdkruste und einen Durchbruch des Vulcanismus in den Aequatorialgegenden leichter Statt finden zu lassen, als in den Polargegenden.

**) Cordier erklärte die Capacitäts-Verminderung der Erdveste blos aus der säcularen Abkühlung derselben; eine solche findet aber schon seit langer Zeit nur in äusserst geringem Grade Statt. Mir scheint, dass der auch von Cordier angenommene fortwährende Erstarrungsprocess an der Innenseite derselben in dieser Hinsicht weit wirksamer sein muss. Dana folgt der Ansicht von Cordier.

Erdveste völlig geschlossen, überall gleich dick, homogen und gleich nachgiebig in ihren einzelnen Theilen, so würde diess zunächst ein Streben zur Verminderung der Abplattung verursachen müssen, um dadurch eine Vergrösserung des Volumens herbeizuführen. Allein die Erdveste hat eine sehr verschiedenartige Zusammensetzung und Structur; verschiedene Regionen derselben besitzen eine verschiedene Dicke und verschiedene Grade der Widerstandsfähigkeit, und durch die Eruptionscanäle der Vulcane ist sie stellenweise nach aussen geöffnet. Der nächste Erfolg wird also der sein, dass ein Theil des feurigflüssigen Materials als Lava bald in diesem bald in jenem Eruptionscanale gegen die Oberfläche hinaufgepresst wird, bis der Druck der Lavasäule dem inneren Drucke das Gleichgewicht hält, wodurch zugleich die erste Bedingung für die Möglichkeit vulcanischer Eruptionen geliefert wird. Ausserdem aber wird die Verschiedenheit der geotektonischen Verhältnisse eine eben so grosse Verschiedenheit in der Art und Weise herbeiführen, wie die verschiedenen Regionen der Erdveste gegen den auf sie ausgeübten Druck reagiren; und während daher einzelne Regionen des geringsten Widerstandes, diesem Drucke unmittelbar nachgebend, nach aussen (also aufwärts) steigen, werden andere (besonders in der Nähe des Aequators liegende) Regionen sich senken; wodurch die säcularen Hebungen und Senkungen grosser Regionen des Landes und Meeresgrundes einigermaassen erklärt sein dürften.

Was aber die Erdbeben, und zwar zunächst die plutonischen Erdbeben anlangt, so möchten sich zur Erklärung derselben zwei verschiedene Ansichten benutzen lassen. Entweder können wir der einen Hypothese von Angelot folgen*), dass nämlich das feurigflüssige Material des Erdinnern eine grosse Menge von Gasen und Dämpfen im gebundenen Zustande enthält, welche bei der Erstarrung ausgeschieden werden, sich stellenweise an gewissen Puncten und längs gewisser Striche anhäufen, und theils durch ihre Spannkraft, theils durch wiederholte Veränderungen ihrer Stelle so lange gewaltsame Fluctuationen des Pyriphlegeton verursachen, bis es ihnen endlich gelingt, irgendwo durch Spalten der Erdveste zu entweichen**). Oder wir können die, neuerdings besonders

*) *Bulletin de la soc. géol.*, *t.* 11, *p.* 136, *t.* 13, *p.* 178, *t.* 14, *p.* 43 ff. und 2. *série*, *t.* 1, *p.* 23 f. Dieselbe Hypothese ist übrigens schon von Fournet ausgesprochen worden, welcher den feurigflüssigen Planeten mit einer spratzenden Kugel von geschmolzenem Silber verglich.

**) Schon Mitchell nahm eine Fortbewegung unterirdischer Dampf- oder Gasmassen als Ursache der Erdbeben an.

von Bischof und von Angelot genauer durchgeführte Ansicht zu Grunde legen*), dass das Meerwasser auf Spalten und Klüften bis in die Tiefen des feurigflüssigen Materials eindringt, und irgendwo in Dämpfe von der höchsten Spannung verwandelt oder auch zersetzt wird, wodurch gewaltige Explosionen und folglich Fluctuationen des Erdinnern verursacht werden müssen. Die Gebrüder Rogers nehmen gleichfalls zur Erklärung der Erdbeben Fluctuationen oder Pulsationen des Pyriphlegeton an, lassen aber solche nicht blos durch Gase und Dämpfe, sondern auch durch lineare Dislocationen grösserer Theile der Erdkruste entstehen**).

Wenn wir uns aber auch über die Ursache solcher Fluctuationen und Pulsationen des feurigflüssigen Materials der Erdtiefen nur mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothesen bilden können, so ist es doch gewiss, dass die grösseren Erdbeben kaum auf ein anderes *primum mobile* zurückgeführt werden können; dass also eine solche, von einem Puncte oder von einer Linie ausgehende, und nach den Gesetzen der Wellenbewegung fortschreitende Fluctuation der Oberfläche des flüssigen Erdkerns als die wahrscheinlichste Ursache der plutonischen Erdbeben zu betrachten ist.

Einen Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht dürfte das bei manchen Erdbeben beobachtete und oben S. 283 erwähnte Phänomen des Zurückschlagens und Verschwindens der Rauchsäule naher oder entfernter Vulcane liefern. Denn, wenn das feurigflüssige Material des Erdinnern in den Eruptionscanälen der Vulcane durch die säculare Compression in einem höheren Niveau erhalten wird, so muss nothwendig die Fluctuation des Pyriphlegeton, während ihres Fortgangs unter einem Vulcane, ein plötzliches Sinken der Lavasäule verursachen, wodurch ein leerer Raum entsteht, welcher ein Verschwinden der Rauchsäule zur Folge haben wird.

Die vulcanischen Eruptionen endlich und die mit ihnen verbundenen Erdbeben dürften am einfachsten aus dem Conflicte zwischen der im Eruptionscanale heraufgepressten Lava und dem, aus dem Meere oder aus anderen Reservoirs zudringenden Wasser zu erklären sein, wie bereits oben zu Anfang des §. 53 angedeutet worden ist. Das in einer gewissen Tiefe des Eruptionscanals eintretende Wasser wird plötzlich in Dämpfe

*) Bischof, Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers, S. 268 ff. Die daselbst angestellte Berechnung über die Tiefe, in welcher der hydrostatische Druck des Wassers die Spannkraft seiner Dämpfe zu überwinden vermag, wird, nach den neueren Untersuchungen über die Spannkraft der Wasserdämpfe bei sehr hohen Temperaturen, eine Modification erfahren. Vergl. *Angelot*, im *Bull. de la soc. géol., t.* 13, *p.* 186 ff.

**) *The American Journal of science, vol.* 45, *p.* 345.

verwandelt, welche im Momente ihrer Bildung die unterirdischen Explosionen und Erdbeben verursachen, bei ihrer heftigen Entweichung die Lavasäule förmlich zum Aufkochen und Aufschäumen bringen, die obersten Theile derselben in der Form von losen Auswürflingen hinausschleudern, und endlich einen Ausfluss derselben herbeiführen. Indem diese Mitwirkung des Wassers die Eruption der Lava beschleunigt und befördert, wird der eigentliche Zweck der Vulcane, die Stabilität der Erdkruste überhaupt zu sichern, um so vollständiger erreicht.

Dass bei den vulcanischen Eruptionen eine Mitwirkung des Wassers, und zwar vorzüglich des Meerwassers Statt finde, ist eine sehr alte Ansicht*), für welche sich auch in neuerer Zeit viele Naturforscher, z. B. Patrin, Menard-de-la-Groye, Deluc, Parrot, Gay Lussac, Leopold v. Buch (Geognostische Beob., II, 161), v. Hoff (Geschichte der Veränd., II, 47), Angelot, Bischof, Petzholdt (Geologie, S. 520) und andere ausgesprochen haben. Desungeachtet scheint Alexander v. Humboldt die Frage wenigstens insofern nicht für vollkommen erledigt zu halten, als dabei gewöhnlich nur an eine Mitwirkung des Meerwassers gedacht wird. Wenn ich Alles zusammenfasse, sagt er, was ich der eigenen Anschauung oder fleissig gesammelten Thatsachen entnehmen kann, so scheint mir in dieser verwickelten Untersuchung Alles auf den Fragen zu beruhen: 1) ob die unläugbar grosse Masse von Wasserdämpfen, welche die Vulcane, selbst im Zustande der Ruhe, aushauchen, dem mit Salzen geschwängerten Meerwasser, oder nicht vielmehr den sogenannten süssen Meteorwassern ihren Ursprung verdanken; 2) ob bei verschiedener Tiefe des vulcanischen Heerdes die Expansivkraft der erzeugten Dämpfe dem hydrostatischen Drucke des Meeres das Gleichgewicht halten und den freien Zutritt des Meeres zu dem Heerde unter gewissen Bedingungen gestatten könne; 3) ob die vielen metallischen Chlorverbindungen, die Bildung des Kochsalzes und die oftmalige Beimischung von Salzsäure in den Wasserdämpfen nothwendig auf jenen Zutritt des Meerwassers schliessen lassen, und 4) ob die Ruhe der Vulcane von der Verstopfung der Canäle abhänge, welche vorher die Meer- oder Meteorwasser zuführten, oder ob nicht vielmehr der Mangel von Flammen und von ausgehauchtem Hydrogen mit der Annahme grosser Massen zersetzten Wassers in offenbarem Widerspruch stehe? Die grosse Entfernung einiger Amerikanischen Vulcane vom Meere, und die ganz continentale Lage der Vulcane Centralasiens macht es ihm endlich wahrscheinlich, dass Meeresnähe und das Eindringen von Meerwasser in den Heerd der Vulcane nicht unbedingt nothwendig zum Ausbrechen des unterirdischen Feuers sei, und dass das Littoral dieses Ausbrechen wohl nur deshalb befördere, weil es den Rand des tiefen Meeresbeckens bildet, welches, von Wasserschichten bedeckt, einen geringeren Widerstand leistet und viele tausend Fuss tiefer liegt, als dass innere und höhere Festland**).

*) Humboldt erinnert an eine, dem Trogus Pompejus entlehnte Stelle Justins, in welcher diese Ansicht ausgesprochen wird. Kosmos, I, S. 253.

**) Kosmos, I, S. 253 ff. Vergl. auch *Dana* in *The Am. Journ.* 2. *ser. III*, 186.

In der That scheint es auch gar nicht gerechtfertigt, ausschliesslich die Mitwirkung des Meerwassers in Anspruch zu nehmen, da sehr wohl grössere Landwasserbassins, ja selbst die überall in der Erde vorhandenen Wasseransammlungen eine ähnliche Wirksamkeit ausüben können.

Man hat aber auch die Erdbeben und vulcanischen Eruptionen aus ganz anderen Ursachen zu erklären versucht; man hat zu dem Ende grossartige chemische Processe im Innern der Erde, man hat die Wirkungen der Elektricität und des Galvanismus in Anspruch genommen; man hat die Erdbeben insbesondere durch Einstürze im Innern der Gebirgsketten, und die säcularen Hebungen durch thermische Ausdehnungen der Gesteinsmassen erklären wollen. Die chemische Theorie ist besonders früher von Humphry Davy in der Weise geltend gemacht worden, dass er annahm, das Erdinnere bestehe hauptsächlich aus den Metallen der Erden und Alkalien, für welche durch eindringendes Wasser oder zutretende Luft bald hier bald dort ein äusserst energischer Oxydationsprocess eingeleitet werde, welcher alle bei den Vulcanen und Erdbeben vorkommenden Erscheinungen zur Folge habe. Obgleich sich nun diese Theorie eine Zeit lang eines grossen und vielseitigen Beifalls zu erfreuen hatte, so ist sie doch besonders von Bischof durch sehr gründliche Argumente widerlegt, und zuletzt selbst von ihrem Begründer wieder aufgegeben worden*). Zu den chemischen Hypothesen lassen sich auch alle diejenigen rechnen, welche im Innern der Erde irgend ein anderes Brennmaterial voraussetzen, durch dessen Verbrennung die vulcanischen Erscheinungen bewirkt werden sollen; dahin gehören z. B. die Hypothese von Bergmann und Breislak, welche dem Bergöl, die Hypothesen von Martin Lister, Lemery, Parrot und v. Hoff, welche dem Schwefelkiese, die Hypothesen von Delametherie und Werner, welche der Steinkohle diese Rolle zuschreiben. Alle diese Hypothesen sind durchaus nicht im Stande, die Gesammtheit der in dem Vulcanismus hervortretenden Erscheinungen auf irgend eine Weise genügend zu erklären.

Die Entdeckung der Elektricität gab Veranlassung, auch diese räthselhafte Naturkraft zur Erklärung der vulcanischen Erscheinungen und Erdbeben zu benutzen; was zuerst von Stukeley und Beccaria, später auch von Vivenzio und Wendenburg geschah, aber wohl niemals allgemeinere Anerkennung gefunden hat**). Als später der Galvanismus entdeckt worden war, glaubte man zuvörderst die Erdbeben für unterirdische, durch galvanische Elektricität erzeugte Gewitter erklären zu können, während Lyell noch gegenwärtig die Ansicht aufstellt, dass die unterirdische Glühhitze, als nächste Ursache der vulcanischen Erscheinungen, durch fortwährende chemische Processe unter-

*) *Davy*'s Theorie findet sich in den *Philos. trans. for* 1828, und in den *Ann. de chim. et de phys.*, *t.* 38. Bischof's Widerlegung derselben in dessen Wärmelehre, S. 256 ff. und im *Edinb. new philos. Journal*, 1839 und 1840.

**) Parrot sprach sich in seinem Grundrisse der Physik der Erde hierüber folgendermaassen aus: Nur zu der Zeit, da die Elektricität der allgemeine *Deus ex machina* für alle Naturphänomene sein sollte, wagten es Beccaria und Bertholon, die vulcanischen Erscheinungen durch Elektricität zu erklären, und so Jupiters Blitze in ein unterirdisches Feuerzeug zu verwandeln; a. a. O. S. 256.]

halten werde, welche wiederum in beständigen elektrischen oder galvanischen Strömungen begründet sein sollen*).

Die Ansicht, dass die Erdbeben nur durch innere Einstürze, durch ein Zusammensetzen der gegen einander aufgerichteten Theile der Gebirgsketten hervorgebracht werden, ist vorzüglich durch Boussingault für die grösseren (nicht vulcanischen) Erdbeben der Anden geltend gemacht worden; Necker hat versucht, dieselbe in einer weit allgemeineren Weise für sehr viele Erdbeben in Anwendung zu bringen. Auch Darwin ist nicht abgeneigt, wenigstens einen Theil der im Gefolge der Erdbeben auftretenden Erschütterungen auf diese Weise zu erklären, und Virlet schliesst sich in der Hauptsache an Boussingault's Ansicht an**).

Zur Erklärung der mehr allmäligen Hebungen und Senkungen haben De-la-Beche und Babbage die Ansicht aufgestellt, dass solche lediglich als Erfolge der durch Erwärmung oder Erkaltung verursachten Ausdehnung oder Contraction der tieferen Erdschichten zu betrachten seien; wobei die Erwärmung dieser letztern durch injicirte Lava vorausgesetzt, und dann für jede beliebige Erhebung eines Landstrichs die ihr entsprechende Erhitzung seines Untergrundes berechnet wird, indem man die von Tott und Bartlett, oder von Adie angestellten Versuche über die Ausdehnung der Gesteine durch Wärme zu Grunde legt***). Dieser Ansicht, für welche sich auch Lyell und Keilhau ausgesprochen haben, steht unter anderen Schwierigkeiten besonders das äusserst geringe Wärmeleitungsvermögen der Gesteine entgegen.

E. Salsen, Gasquellen und heisse Quellen.

§. 84. *Salsen oder Schlammvulcane.*

Als einige, mit dem Vulcanismus zusammenhängende oder doch nahe verwandte Erscheinungen sind die sogenannten Salsen, die Gasquellen und Erdfeuer, und die heissen Wasserquellen anzusehen, daher wir das Capitel vom Vulcanismus mit einer kurzen Betrachtung derselben beschliessen wollen.

Mit dem Namen Salsen oder Schlammvulcane bezeichnet man die in einigen Gegenden vorkommenden kleinen Thonhügel, aus welchen mehr oder weniger ununterbrochen Eruptionen eines sehr feinen, hellgrauen meist etwas salzigen Thonschlammes Statt finden, welcher durch unter-

*) *Lyell, Principles, 7. ed., p.* 522.

**) *Boussingault*, in *Annales de chim. et de phys., t.* 58, 1835, *p.* 81 ff.; Necker, Neues Jahrbuch für Min., 1840, S. 111; *Virlet*, im *Bull. de la soc. géol., t.* 6, *p.* 303.

***) Vergl. besonders *Babbage*, im *Quarterly Journal of the geol. soc., vol. III.* 1847, *p.* 186 ff.

irdische Gasentwicklungen zu Tage gefördert wird. Man hat sie daher auch Luftvulcane, oder weil eine der zuerst bekannt gewordenen Erscheinungen der Art in Sicilien mit dem Namen Macaluba*) belegt worden ist, Macaluben genannt. Dieser Macaluba bei Girgenti so wie die ähnlichen Salsen bei Sassuolo in Modena sind schon seit langer Zeit beschrieben worden; später lernte man sie auch in der Krimm, auf der Halbinsel Taman, an den Ufern des Caspisees, auf Java, auf Trinidad, bei Carthagena in Neu-Granada und in anderen Gegenden kennen.

Es lassen aber die Salsen, ungefähr so wie die Vulcane, zweierlei Zustände unterscheiden, von welchen der eine, gewöhnliche, als der Zustand der Ruhe, der andere, seltnere, als der Zustand der Aufregung bezeichnet werden kann. Da man sie meistentheils nur in dem ersteren Zustande zu beobachten Gelegenheit hat, in welchem sie eine ganz ruhig und friedlich verlaufende Erscheinung darstellen, so ist auch ihre Beziehung zu dem Vulcanismus oft verkannt und in Zweifel gestellt worden. Im Zustande der Aufregung aber, welcher freilich nur selten einzutreten und rasch vorüberzugehen pflegt, zeigen sie sich als eine so heftige und den vulcanischen Eruptionen so ähnliche Erscheinung, dass man ihnen kaum allen Zusammenhang mit dem Vulcanismus absprechen, und sie wenigstens als ganz schwache, seitwärts ausbrechende Symptome der vulcanischen Thätigkeit betrachten möchte**).

Das mit dem Thonschlamme hervortretende und zu seiner Bildung beitragende Wasser hält nicht nur gewöhnlich etwas Kochsalz aufgelöst, sondern führt auch zuweilen Naphtha oder Bergöl mit sich, wie denn überhaupt Bergölquellen gar nicht selten in der Nähe der Salsen vorkommen. Uebrigens ist dieser Schlamm in der Regel kalt, und zeigt nur selten eine auffallend höhere Temperatur als die Mitteltemperatur der betreffenden Gegend. Die Gase, durch deren Entwicklung er hervorgetrieben wird, sind in verschiedenen Gegenden verschieden; theils Kohlenwasserstoffgas, theils Kohlensäure, bisweilen auch Stickgas, daher sich die Salsen als eine mit den Gasquellen sehr nahe verwandte

*) Dieser Name ist Arabischen Ursprungs, und stammt von dem Worte *makhlub*, umstürzen oder einstürzen; vielleicht weil diese Thonhügel nach heftigeren Ausbrüchen oder nach langen Regen einstürzen. Humboldt, Central-Asien, I, 650, und Kosmos, I, 448. Der Verfasser der Wanderungen durch Sicilien und die Levante schreibt *Moccaluba;* a. a. O., I, 1834, S. 125.

**) »Man hat die Grösse des Phänomens verkannt, weil von den zwei Zuständen, die es durchläuft, gewöhnlich nur bei dem friedlichern, in dem es Jahrhunderte lang beharrt, verweilt wird.« Kosmos, I, 232. Für die Theorie gewisser Steinsalzbildungen dürften die Salsen eine grosse Bedeutung haben.

Erscheinung zu erkennen geben; ja, sie sind gewissermaassen nichts Anderes, als Gasquellen, welche unter eigenthümlichen Umständen zu Tage austreten und das Vehikel eines salzigen Schlammes bilden. Indem nun diese, meist unter einem zischenden Geräusche hervorbrechenden Gase den halbflüssigen Schlamm mit sich heraustreiben, so häuft sich derselbe allmälig um die Ausbruchsöffnung zu einem kegelförmigen Hügel an, dessen Gipfel mit einem trichterförmigen Krater versehen ist, aus welchem der Schlamm hervorquillt; das Gas treibt ihn in Blasen auf, welche endlich zerplatzen, worauf ein Theil überfliesst, ein anderer Theil in den Trichter zurücksinkt, um zugleich mit den nachquillenden Massen dasselbe Spiel zu wiederholen. Bei manchen Salsen findet die Gasentwicklung so heftig Statt, dass der Schlamm stark aufbrodelt, oder auch mehre Fuss hoch aufwärts geschleudert wird.

Die so gebildeten Kegel sind meist klein, einen oder ein paar Fuss, bisweilen 15 bis 20 Fuss, selten über 100 Fuss hoch, mit verhältnissmässigen horizontalen Dimensionen. Die kleineren kommen gewöhnlich in grosser Anzahl nahe beisammen vor, so dass der mit ihnen besetzte Raum eine völlig unfruchtbare Thonfläche, oder einen flach gewölbten Thonhügel darstellt. Nach lange anhaltendem Regenwetter wird dieser Thonhügel mit allen auf ihm liegenden Kegeln allmälig aufgeweicht, bis sich endlich das Ganze in einen Schlammpfuhl verwandelt, aus welchem die Gase an vielen Puncten lebhaft hervorbrechen. Tritt wiederum trockene Witterung ein, so bildet sich vom Rande her allmälig eine Thonkruste aus, auf welcher sich bald, durch die an einzelnen Puncten hervordringenden Gase, neue Schlammkegel erheben.

Alle bisher geschilderten Erscheinungen gehören dem Zustande der Ruhe an. Bisweilen befällt aber den Schlammvulcan ein Paroxysmus, während dessen er sehr gewaltsame Erscheinungen zeigt. Unterirdische Donner und erdbebenartige Erschütterungen der Umgegend verkünden das Eintreten eines heftigen Ausbruches; Feuerflammen steigen hoch auf, und endlich erfolgen Explosionen, durch welche Schlamm, Steine und Felsblöcke zuweilen mehre hundert Fuss hoch aufwärts geschleudert werden.

Den Macaluba auf Sicilien, welchen schon Strabo erwähnt, beschrieb Dolomieu zu seiner Zeit*) folgendermaassen. Er stellt einen sehr flachen ab-

*) Es ergiebt sich nämlich aus der ganzen Natur der Erscheinung, dass sie eine sehr veränderliche Ansicht gewähren wird. Dolomieu besuchte den Macaluba im Jahre 1781; als Parthey im Jahre 1822 an Ort und Stelle war, sah er nicht einmal einen Hügel, sondern nur eine sanft geneigte Fläche, auf deren Höhe die Löcher lagen.

gestumpften Hügel von etwa ½ ital. Meile Umfang und 150 F. Höhe dar, dessen Gipfel mit einer grossen Menge kleiner Kegel besetzt ist, von denen die grössten etwa 3½ Fuss, die kleinsten oft nur einige Linien hoch sind, während jeder auf seinem Gipfel eine trichterförmige Vertiefung hat. Der Boden, auf welchem diese Kegel stehen, ist ein grauer, nach allen Richtungen zerborstener Thon, und das starke Schwanken, welches man beim Gehen empfindet, beweist deutlich, dass man sich nur auf einer Kruste von ausgetrocknetem Thone befindet, die einem weichen halbflüssigen Grunde aufliegt. Aus der Tiefe eines jeden der kleinen Kegel quillt flüssiger Schlamm aus, welcher bis an den Rand des kleinen Kraters aufsteigt, und sich dann zu einer Halbkugel aufbläht, die endlich mit einem Geräusche, ähnlich dem, wenn der Kork aus einer Flasche gezogen wird, zerplatzt; dabei wird der die Blase bildende Schlamm ausgeworfen, während der übrige in den Krater zurücksinkt, um nach 2 bis 3 Minuten wiederum aufzusteigen. Die Zahl der auf diese Weise arbeitenden Kegel betrug über hundert, ist aber sehr veränderlich, eben so wie ihre Lage und Grösse; ausser ihnen giebt es auch Löcher von ein oder zwei Zoll im Durchmesser, die mit trübem salzigem Wasser erfüllt sind, aus welchem unaufhörlich Luftblasen aufsteigen. Das ausströmende Gas fand Dolomieu nicht brennbar, daher er es für Kohlensäure erklärte. — Hierauf erwähnt Dolomieu die während der Regenzeit eintretende Umwandlung des Macaluba in einen ungeheuren, mit flüssigem Thone angefüllten Schlund, und endlich die zuweilen vorkommenden heftigen Eruptionen, welche die ganze Umgegend in Schrecken versetzen und von Erdbeben begleitet werden, die sich auf 2 bis 3 Ital. Meilen weit fühlbar machen. Diese Eruptionen finden gewöhnlich nach einem langen und trocknen Sommer Statt, und oft verfliessen viele Jahre, ehe sie wiederkehren; dass sie einer fünfjährigen Periode folgen, ist durchaus ungegründet.

Schon Spallanzani hat die Salsen von Sassuolo, Querzuola und Maina im Herzogthum Modena ausführlich beschrieben, mit deren Verhältnissen sich auch später de Brignoli beschäftigte. Bei Querzuola fand Spallanzani auf einer sanft gewölbten Anhöhe 17 Kegel von 2 bis 6 Fuss Höhe, welche ungefähr in einem Kreise gestellt waren, in dessen Mitte sich ein paar mit trübem Wasser erfüllte Löcher befanden; während der Schlamm aus einigen Kegeln ruhig ausfloss, wurde er aus anderen 2 bis 5 Fuss hoch ausgeschleudert. Anhaltende Regenwetter zerstören auch hier die Kegel, und verwandeln sie in Schlammtümpel. Uebrigens ist das aus diesen Modenesischen Salsen ausströmende Gas brennbar, und zwar nach Daubeny ein Gemeng von Kohlenwasserstoffgas und Kohlensäure. Heftigere Eruptionen kommen bei ihnen gleichfalls dann und wann vor, und das sie begleitende Getöse ist zuweilen so stark, dass es 8 Ital. Meilen weit gehört wird. Bergöl ist bei allen diesen Salsen deutlich zu erkennen; so auch bei denen, von Guidotti und Menard-de-la-Groye beschriebenen Salsen von Lusignano im Herzogthum Parma, und bei der durch Angelli bekannt gewordenen Salse von Bergullo im Bolognesischen, welche in allen ihren Verhältnissen mit den vorerwähnten Salsen zwischen Modena und Reggio wesentlich übereinstimmen.

In weit grösserem Maassstabe ist die Erscheinung auf der Halbinsel Taman und auf dem gegenüberliegenden Theile der Krimm, bei Kertsch ausgebildet, wo sie schon früher von Pallas, später von Engelhardt und Parrot, von

Verneuil und Huot studirt worden ist*). Dort ragen die Schlammvulcane zum Theil als Hügel von 100 bis 250 Fuss Höhe auf, zeigen aber ausserdem ganz dieselben Erscheinungen, wie der Macaluba und die Salsen von Modena. Der Kuku-Oba, ein auf der Spitze der Halbinsel Taman fast aus der Meeresfläche sehr regelmässig aufsteigender, 260 F. hoher Kegel hatte im Jahre 1794 eine sehr starke Eruption, bei welcher unter donnerähnlichem Getöse und einem über 50 Stunden weit verspürten Erdbeben, eine hohe Feuersäule aufstieg, welche von dicken schwarzen Rauchwolken begleitet war, worauf ein Ausfluss von sechs Schlammströmen erfolgte, deren einer 2500 Fuss lang war, während die ganze Masse des von ihnen gelieferten Schlammes auf 22 Millionen Cubikfuss veranschlagt wird. Bergölquellen sind auch hier in der Nähe der Salsen vorhanden, und Göbel's Analysen haben gelehrt, dass das aus ihnen strömende Gas wesentlich Kohlenwasserstoffgas ist.

Die Gegend von Baku, am westlichen Ufer des Caspisee, wo sich so viele Bergöl- und Naphthaquellen finden, hat auch Schlammvulcane aufzuweisen, von welchen Eichwald sagt, dass sie zwar im Allgemeinen ganz mit jenen von Taman und Kertsch übereinstimmen, doch aber eher den Namen Naphthavulcane als Schlammvulcane verdienen, weil ihre Ausbrüche immer mit einem Erguss von Naphtha endigen. Die meisten derselben liegen nach Lenz auf einem Hügel bei dem Dorfe Balkhany, mitten im Gebiete von 84 Naphthabrunnen; ein anderer sehr bedeutender Schlammhügel, der mit vielen bis 20 F. hohen Thonkegeln besetzt ist, erhebt sich SSW. von Baku; und 14 Werst westlich davon, bei dem Dorfe Jokmali, ereignete sich im Jahre 1827 aus einer grossen Salse ein heftiger Ausbruch, welchem Erderschütterungen und starke Detonationen vorausgingen, worauf eine 40 Fuss hohe Feuerpyramide 3 Stunden lang brannte, und Wasser und Schlamm ausgeworfen wurden**).

Südlich von Carthagena in Columbien, unweit des Dorfes Turbaco, liegen die von Humboldt beschriebenen sogenannten Volcanitos, gegen zwanzig kleine Kegel von 20 bis 24 Fuss Höhe, aus grauem Thone bestehend und auf dem Gipfel mit kraterförmigen, von Wasser erfüllten Vertiefungen versehen, aus welchen in kurzen Pausen unter einem ziemlich starken Geräusche eine Menge Gas hervorbricht, auch bisweilen Schlamm mit ausgeworfen wird. Das Gas ist nach Humboldt fast reines Stickgas.

§. 85. *Gasquellen und Erdfeuer.*

Unmittelbar an die Salsen schliessen sich die an so vielen Puncten der Erdoberfläche vorkommenden perennirenden Gasquellen an, welche ihren Ursprung in den Tiefen der Erde haben und jedenfalls durch die

*) Engelhardt und Parrot, Reise in die Krym und den Kaukasus, Th. I, 1815, S. 71 ff. *Verneuil*, in den *Mem. de la soc. géol.*, *III*, 1838, *p.* 4 *sq.*, und *Huot*, in *Voyage dans la Russie meridionale etc.*, *II*, 1842, *p.* 569 *sq.*

**) Lenz, in Poggend. Ann., Bd. 23, S. 297, und in Central-Asien, I, S. 647.

daselbst herrschende hohe Temperatur bedingt sind. Es sind besonders zwei Gase, nämlich Kohlensäure und Kohlenwasserstoffgas, welche in dieser Hinsicht eine äusserst wichtige Rolle spielen, daher wir auch vorzüglich ihnen unsere Aufmerksamkeit zuwenden müssen.

In sehr vielen vulcanischen Gegenden, zumal in solchen, wo die eigentliche vulcanische Thätigkeit schon längst erloschen ist, ferner im Gebiete mancher Gebirgsformationen, welche durch eine den Lava-Eruptionen ganz analoge plutonische Wirksamkeit entstanden sind, sowie auch im Gebiete anderer Formationen, an solchen Stellen, wo Brüche Zerreissungen und andere gewaltsame Dislocationen der äusseren Erdkruste vorliegen; in allen solchen Regionen treffen wir nicht selten Ausströmungen von kohlensaurem Gas, welche bisweilen so heftig und so reichlich Statt finden, dass durch sie im Laufe der Zeiten ganz erstaunliche Mengen von Kohlensäure zu Tage gefördert werden.

Diese Ausströmungen erfolgen aus Spalten und Rissen des festen Gesteins; da nun in vielen Fällen auf denselben Spalten Wasserquellen hervorbrechen, oder auch schon in der Tiefe Wasseradern mit Kohlensäurequellen zusammentreffen, so wird die Kohlensäure solchenfalls vom Wasser grossentheils absorbirt, und statt der Gasquelle tritt ein Säuerling oder eine Sauerquelle zu Tage aus. Daher kommen denn gewöhnlich diese Säuerlinge mit den kohlensauren Gasquellen zusammen vor, und beide Erscheinungen können nicht füglich getrennt werden. Endlich ist auch bisweilen durch Bohrlöcher sehr bedeutenden Kohlensäurequellen der Ausweg an die Erdoberfläche eröffnet worden, wie diess z. B. mit dem Bohrloch von Neusalzwerk bei Minden und von Nauheim bei Friedberg der Fall war.

Bekannt ist die sogenannte Hundsgrotte in der Nähe des Sees von Agnano unweit Neapel, auf deren Boden sich die fortwährend entwickelte Kohlensäure zu einer Schicht ausbreitet, in welcher hineingetauchte Fackeln erlöschen und Thiere ersticken. Auch haben wir schon oben (S. 121) gesehen, dass vorübergehende Entwicklungen von Kohlensäure in der Umgegend des Vesuv eine nach den Eruptionen desselben öfters vorkommende Erscheinung sind, so wie dass die Südamericanischen Vulcane sehr viel Kohlensäure aushauchen.

In Teutschland finden sich dergleichen Kohlensäurequellen und Säuerlinge besonders in der vulcanischen Eifel, namentlich in den Umgebungen des Laacher Sees, wo gewiss über tausend Sauerquellen hervorbrechen; dann in der Wetterau, im Gebiete des Taunus, in Böhmen, zumal in der Gegend von Marienbad, auch zwischen dem Teutoburger Walde und der Weser von Carlshafen bis Vlotho an zahlreichen

Puncten*), in der Gegend von Paderborn und an andern Orten. In Frankreich kennt man die Erscheinung besonders in der Auvergne und im Vivarais. Von aussereuropäischen Gegenden gedenken wir der Insel Java, wo viele Kohlensäurequellen (z. B. am Fusse des Lawu, des Sindoro und anderer Vulcane) vorkommen, und das sogenannte Thal des Todes unweit Batur eine gewisse Berühmtheit erlangt hat. Dasselbe ist ein länglich runder Kessel, dessen flacher Boden etwa 100 F. Durchmesser hat, während die 30 bis 35 F. hohen Wände sehr schroff abfallen; aus dem Grunde dieses Kessels entwickelt sich, besonders nach vorhergehenden Regen, viel Kohlensäure, weshalb Thiere und Menschen, welche in die Tiefe gerathen, umkommen**).

Folgende Beispiele mögen eine Vorstellung davon geben, welche ungeheure Mengen von Kohlensäure fortwährend dem Innern der Erde entsteigen.

Eine der mittleren Gasquellen zu Marienbad in Böhmen giebt nach Heidler's Berechnung täglich 3600, also jährlich 1,3 Millionen Cubikfuss Kohlensäure. Nach v. Gräfe entwickeln sich aus der Badequelle zu Pyrmont täglich mindestens 3360, also jährlich fast 1¼ Millionen Cubikfuss, aus den sämmtlichen dasigen Canälen aber jährlich gegen 7 Millionen Cubikfuss Gas. Die Gasquelle zu Kaiser-Franzensbad liefert nach Trommsdorff in 24 Stunden 5760, und folglich im Jahre über 2 Millionen C. F. Gas. Bischof stellte genaue Messungen über eine Gasquelle bei Burgbrohl an, und fand, dass solche täglich 4237 bis 5650 Cubikfuss, oder 538 bis 717 Pfund Kohlensäure liefert, was jährlich 196000 bis 262000 Pfund ausmacht. Die neu erbohrten Mineralquellen zu Nauheim liefern nach Bunsen jährlich an 15000 Centner Kohlensäure, die Mineralquellen von Meinberg nach Piterit täglich 28800, also jährlich 10½ Millionen Cubikfuss; das Bohrloch von Neusalzwerk aber giebt nach Bischof's Messung jährlich 1,576800 C. F. freier, und 22,76900 C. F. vom Wasser absorbirter Kohlensäure, was zusammen 24¼ Millionen Cubikfuss oder 28000 Centner beträgt***).

*) Darunter die bekannte **Dunsthöhle** bei Pyrmont, ein Seitenstück zu der Hundsgrotte von Neapel.

**) *Loudon* erwähnt Skelette von Tigern, Hirschen, Schweinen, auch von Menschen, und stellte ähnliche Versuche mit Hunden und Hühnern an, wie sie die Führer in der Hundsgrotte bei Neapel zur Unterhaltung (!) der Reisenden anzustellen pflegen. *The Edinb. new phil. Journ.*, 1831, *p.* 102; vergl. auch Sykes in Poggend. Ann., Bd. 43, 1838, S. 417 und Junghuhn, Topographische und naturwissensch. Reise durch Java, S. 379. Was die Javanesen jetzt Goa-Upas nennen, ist nicht dieses Todesthal, sondern eine Solfatara auf dem Plateau Djeng; ebend. S. 389. Die tödtlichen und unter dem Namen Tschangmu so fabelhaft beschriebenen Gasexhalationen, welche in China, zumal in den Thälern von Yunnan und Ssetschuan vorkommen, scheinen gleichfalls aus Kohlensäure zu bestehen. Centralasien, I, S 662.

***) Poggend. Ann., Bd. 71, 1847, S. 320.

Bedenkt man nun, dass sich diese Messungen nur auf einzelne Ausströmungspuncte beziehen, während in manchen Gegenden dergleichen Puncte in sehr grosser Anzahl beisammen liegen, so gewinnt man erst den wahren Maassstab für die Beurtheilung der ausserordentlichen Wirkungen, welche in diesen Kohlensäurequellen ununterbrochen im Gange erhalten werden. So bezeichnet Hoffmann den Landstrich am linken Ufer der Weser, zwischen Carlshafen und Vlotho, bis an den Abhang des Teutoburger Waldes, als eine siebartig durchlöcherte Fläche, aus deren hinreichend geöffneten Spalten überall Gasquellen und Säuerlinge hervorbrechen. Eben so verhält sich das Plateau von Paderborn, wo unter anderen bei Saatzen und Istrupp sehr grossartige Entwicklungen von Kohlensäure Statt finden; aus tausend Canälen strömt dort das Gas mit Heftigkeit hervor, und in den sumpfigen Wiesen bei Istrupp sind durch diese Gasströme Schlammhügel von 15 bis 20 Fuss Höhe aufgeworfen worden, die kleine Wassertümpel enthalten, welche durch das in faustgrossen Blasen aufsteigende Gas fortwährend in brodelnder Bewegung erhalten werden*). In der Umgegend von Marienbad steigt nach Heidler die Kohlensäure in so unermesslicher Menge aus der Erde, wie vielleicht nirgends in der Welt**). In der Eifel entwickelt sich das Gas an zahllosen Puncten, nicht nur in Säuerlingen, sondern auch unmittelbar aus dem Boden; besonders bekannt sind, ausser den bereits erwähnten Quellen um den Laacher See und im Brohlthale, der Brudeldreis bei Birresborn und der Wallerborn bei Hetzerath, wo die Kohlensäure aus Spalten des Grauwackengebirges wie aus einem Blasebalge, durch das sie gewöhnlich sperrende Wasser mit solcher Heftigkeit ausströmt, dass man das Geräusch mehre hundert Schritt weit hört. Eben so dringt in der Auvergne die Kohlensäure an unzähligen Puncten hervor; überall um Clermont, zumal aber am Wege nach Royat in der Ebene von Salins giebt es Mofetten, von welchen z. B. die von Montjoly an die Hundsgrotte erinnert, während die Fontaine empoisonnée bei Aigueperse die Erscheinungen des Brudeldreis wiederholt; wo man nur ein Loch in den Boden stösst, da strömt das Gas aus***), und in den Bergwerken von Barbecot bei Pont-Gibaud dringt es nach Fournet aus allen Klüften und Drusen des Erzganges pfeifend und brausend hervor.

Ueber die geologische Deutung aller dieser Erscheinungen spricht sich Bischof folgendermaassen aus: „Da Kohlensäure-Exhalationen sich häufig nach vulcanischen Eruptionen einstellen, da sie nach heftigen Ausbrüchen des Vesuv als Mofetten lange Zeit fortströmen, da wir dieselbe Erscheinung in Gegenden, wo unzweifelhaft vormals vulcanische Thätigkeit herrschte, wahrnehmen; so ist kein Schluss mehr gerechtfertigt, als dass diese Kohlensäure-Exhalationen der letzte Act der ehemaligen vulcanischen Thätigkeit seien"; und weiterhin erklärt er sich dahin, dass diese Exhalationen ein allgemeines, auf der ganzen Erdoberfläche verbreitetes Phänomen sind,

*) Poggend. Ann., Bd. 17, S. 155.

**) Heidler, Ueber die Gasbäder in Marienbad, Wien 1819.

***) *Lecoq*, im *Bull. d'hist. nat.*, 1828, Sept.

welches sich natürlich nur da zeigen kann, wo Canäle bis zu dem Heerde der Entwicklung reichen*).

Nächst den Kohlensäurequellen kommen ~~wohl~~ die Quellen von *Kohlenwasserstoffgas* am häufigsten vor, obgleich sie bei weitem nicht so allgemein verbreitet sind wie die ersteren. Da sie ein brennbares Gas liefern, welches nicht selten entweder zufällig oder absichtlich entzündet worden ist, so bedingen sie auch die sogenannten *Erdfeuer* oder *Feuerquellen*, welche nichts Anderes, als brennende Quellen von Kohlenwasserstoffgas sind. In einigen Gegenden, wo sie reichlich und ununterbrochen ausströmen, hat man daher eine vortheilhafte Benutzung derselben zur Beleuchtung oder Feuerung eingeleitet. Sehr häufig ist auch ihnen der Ausweg an die Erdoberfläche erst durch Bohrlöcher eröffnet worden.

Schon lange kennt man dergleichen brennende Gasquellen in Oberitalien, bei Pietra-mala zwischen Bologna und Florenz, bei Barigazzo zwischen Modena und Pistoja, und bei Velleja im Herzogthum Parma. Von den verschiedenen Erdfeuern bei Pietra-mala ist das Feuer del Legno das bedeutendste; auf einer Fläche von etwa 12 Fuss Durchmesser steigen mehre Flammen auf, von denen die grösste etwa 5 Fuss hoch und bei Nacht von einem hellgelben fast weissen Scheine ist; ausser ihr sieht man noch viele kleinere Flammen, welche nur einen Fuss oder einige Zoll hoch auflodern; diese letzteren erscheinen blau und nur an der Spitze weiss, sind auch leicht auszublasen, oder mit einer Handvoll Erde zu ersticken, während die grösseren Flammen nur durch eine bedeutende Wassermasse gelöscht werden können. Die Erdfeuer von Barigazzo im Herzogthum Modena, von welchen, so wie von mehren andern Feuern in demselben Lande, Spallanzani sehr ausführliche Beschreibungen geliefert hat, stimmen wesentlich mit denen von Pietra-mala überein. Dasselbe gilt von denen, zuerst durch Volta bekannt gewordenen Erdfeuern in der Nähe der Ruinen von Velleja. Da in denselben Gegenden der Apenninen, wo diese Erdfeuer vorkommen, auch Salzquellen und Bergölquellen bekannt sind, so scheint diess auf einen gewissen Zusammenhang aller drei Erscheinungen zu verweisen, welchen Bianconi durch die Annahme zu erklären versucht, dass in der Tiefe Lager von Steinsalz vorhanden sind, welches, nach den bekannten Beobachtungen von Dumas und H. Rose, oft Kohlenwasserstoffgas im comprimirten Zustande enthält, dass dieses Steinsalz von unterirdischen Wassern aufgelöst, dabei

*) Lehrbuch der chem. und phys. Geologie, I, S. 318 u. 319.

das Gas frei gemacht wird und nun theils als solches zum Ausströmen gelangt, theils in (Folge starker Compression) im condensirten Zustande als Naphtha ausfliesst*).

Eine andere durch ihre Erdfeuer schon seit längerer Zeit bekannte Gegend ist die von Baku an der Westküste des Caspisees, wo auf der Halbinsel Abscheron an mehren Punkten perennirende Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas Statt finden; die bedeutendsten zu Atesch-gah, 15 Werst ONO. von Baku, sind von einigen dort lebenden feueranbetenden Hindus in vier Hauptmündungen vereinigt worden, und bilden so die sogenannten grossen Feuer; westlich von Baku liegen noch die kleinen Feuer, welche alljährlich vom Regen oder Schnee verlöscht werden**). Auch giebt es nach Abich im Golf von Baku eine Stelle, wo das Wasserstoffgas aus dem 3 Faden tiefen Grunde mit solcher Heftigkeit und in solcher Menge hervorbricht, dass sich ein Kahn in der Nähe kaum zu halten vermag. Mit diesen Gasentwicklungen dürfte auch der merkwürdige Ausbruch im Zusammenhange stehen, welcher sich im Januar 1839 bei dem Dorfe Baklichli ereignete; unter einem Getöse, welches 30 Werst weit gehört wurde, stieg eine Feuerflamme auf, welche die Umgegend bis auf 40 Werst Entfernung erhellte, während zugleich Erdmassen 3 Werst weit geschleudert wurden***). Uebrigens finden wir am Caspisee wiederum dieselbe Association von Kohlenwasserstoffquellen, Bergölquellen und Steinsalz, welche auf einen Causalzusammenhang dieser Phänomene schliessen lässt. Denn es ist bekannt, dass nicht nur die Gegend von Baku eine ungeheure Menge von Bergöl liefert, sondern auch, dass auf der an der Ostküste des Sees liegenden Insel Tschelekin, aus mehr als 3400 Naphthabrunnen, jährlich 136000 Pud Naphtha aller Art gewonnen werden, während auf derselben Insel zugleich Steinsalz in sehr bedeutenden Ablagerungen vorkommt†).

Im Staate Neu-York in Nordamerika sind Ausströmungen von Kohlenwasserstoffgas eine sehr häufig vorkommende Erscheinung; so namentlich an den Ufern des Sees Canandaigua und bei Bristol. Bei Rushville liegen zahllose Gasquellen auf einem Raume von $^1/_2$ Engl. Meile Länge und $^1/_4$ Meile Breite beisammen; einige derselben haben sich kleine Schlammkegel gebildet. Allein die interessantesten Quellen brechen bei Fredonia in Chautauque-County hervor, wo man auch einen Gasschacht abgeteuft hat, aus welchem das Gas in ein Gasometer geleitet wird, welches 70 bis 80 Flammen für das Dorf liefert. Etwa $^3/_4$ Meilen unterhalb Fredonia steigt im Wasser des Canadawacreek eine erstaunliche Menge Gas auf, und so auch an vielen anderen Orten in der Umgegend von Fredonia††). Allein die Erscheinung ist keineswegs auf Neu-

*) Diese Ansicht über die Bildung des Bergöls hat auch *Omalius d'Halloy* (*Précis élem. de Géologie, p.* 678); *Virlet* scheint ihr gleichfalls zugethan zu sein (*Bull. de la soc. géol., t. IV, p.* 206).

**) Lenz, in Poggend. Ann., Bd. 23, S. 297, und Central-Asien, I, S. 647.

***) Eichwald, im Neuen Jahrb. für Min., 1840, S. 94.

†) Völkner, im Neuen Jahrb. für Min., 1839, S. 459.

††) *Lewis Beck*, im *Report on the Geological Survey of the state of New-York*, 1838, *p.* 41 ff.

York beschränkt, sondern wiederholt sich an unzähligen Puncten im Gebiete der grossen Nordamerikanischen Salzformation, wo die meisten Bohrbrunnen mit der Salzsoole nicht nur eine Menge Kohlenwasserstoff, sondern auch viele derselben zugleich Naphtha liefern. Diess ist z. B. der Fall im Hockhocking-Thale in Ohio, im Kenawha-Thale in Virginien, wo auch mitten im Zuge der Salinen eine natürliche sehr starke Gasquelle (*the Burning Spring*) vorkommt, ferner im Thale und fast in allen Nebenthälern des Kentucky-river in Kentucky *); dagegen sollen die Soolbrunnen von Pittsburg und die im Kiskiminitas-Thale in Pennsylvanien kein Bergöl, sondern nur Kohlenwasserstoffgas liefern. Im Allgemeinen giebt sich aber doch auch hier dieselbe merkwürdige Vereinigung von Kochsalz, Kohlenwasserstoff und Bergöl zu erkennen **).

In Mesopotamien zwischen Mossul und Bagdad, so wie im südlichen Theile von Kurdistan sind Quellen von brennbarem Gas und von Bergöl an sehr vielen Orten bekannt. Besonders reich aber an solchen Gas-Emanationen ist China, namentlich in den Provinzen Yunnan, Szutschhuan, Kuangsi und Schansi, wo sie gleichfalls mit dem Vorkommen von Salz in einer sehr innigen Beziehung stehen. Die Feuerbrunnen oder Hotsing der Chinesen sind dergleichen brennende Gasquellen, welche grösstentheils bei der Bohrung von Salzbrunnen mit erbohrt worden sind. So berichtet der französische Missionar Imbert, dass es in einer Gegend von Szutschhuan viele tausend Bohrbrunnen von 1500 bis 2000 F. Tiefe giebt, aus denen eine sehr starke Soole gewonnen wird, und zugleich brennbares Gas ausströmt. Ausserdem giebt es aber auch viele Brunnen, aus welchen man nur Gas gewinnt, welches durch Röhren dorthin geleitet wird, wo man es zur Beleuchtung oder Feuerung benutzen will. Die Feuerberge oder Hoschan, d. h. Berge, aus denen zum Theil ungeheure Flammen von brennenden Gasen auflodern, finden sich aber besonders in der Provinz Schansi ***).

§. 86. *Heisse Wasserquellen* †).

Es ist schon oben S. 44 und 45 der wichtigen Thatsache gedacht worden, dass sehr viele Quellen eine etwas höhere Temperatur

*) Dort wurde am Crocus-creek in Russel-County beim Salzbohren eine so heftig ausströmende Quelle von Kohlenwasserstoff erbohrt, dass der ganze Bohrer aus dem Bohrloch hinaus und bis zur Höhe der nächsten Baumgipfel geschleudert wurde.

**) *Hildreth*, in *The American Journal of science*, *vol.* 29, 1835, *p.* 1 *sq.*

***) Klaproth und Stan. Julien in Humboldts Central-Asien, I, S. 656 ff.

†) Da die warmen Quellen an gegenwärtigem Orte nur insofern zu betrachten sind, als sie zur Lehre vom Vulcanismus gehören, so beschränken wir uns auch nur auf eine kurze Erwähnung einiger dahin schlagenden Verhältnisse derselben. Sie sind meist Mineralquellen, und bilden als solche eine äusserst wichtige geologische Erscheinung, nicht nur wegen der durch sie bedingten noch fortwährenden Bildungen, sondern auch ganz besonders wegen ihres Antheils an der Bildung der Erzgänge und mancher sedimentärer Gebirgsformationen.

besitzen, als die Mitteltemperatur ihres Ausflusspunctes ist. Auch wurde dabei bemerkt, dass von einem allgemeineren Gesichtspuncte aus eine jede solche Quelle schon zu den warmen Quellen oder Thermen gerechnet werden müsse, obgleich man gewöhnlich nur diejenigen Quellen so zu bezeichnen pflegt, deren Temperatur jene Mitteltemperatur in einem bedeutenden und dem Gefühle sehr auffallenden Grade übersteigt. Zwischen den Quellen mit einem Grade Wärme-Ueberschuss und den siedend heissen Quellen giebt es aber alle mögliche Abstufungen, so dass wir nirgends eine Gränzlinie zu ziehen berechtigt sind, und Bischof vollkommen Recht hat, wenn er sagt, eine andere Definition von warmen Quellen könne gar nicht gegeben werden, wenn man nicht einen ganz willkürlichen Unterschied zwischen kalten und warmen Quellen machen wolle*). Daher setzt auch der Begriff einer Therme unter verschiedenen geographischen Breiten und bei verschiedenen Höhen über dem Meeresspiegel eine sehr verschiedene Temperatur voraus, und während dazu unter dem Aequator eine Temperatur über 28° C. erfordert wird, so werden in höheren geographischen Breiten immer niedrigere Temperaturen genügen. Der Begriff einer warmen Quelle ist also relativ, sofern er von der geographischen Breite und der absoluten Höhe ihres Ausflusspunctes abhängt. Absolut warme Quellen aber könnte man nach Bischof diejenigen nennen, deren Temperatur, wo sie auch hervorbrechen mögen, die Mitteltemperatur der Aequatorial-Gegenden am Meeresspiegel übertrifft.

Wenn uns nun aber schon diejenigen Quellen, deren Temperatur nur wenige Grade über der Mitteltemperatur ihres Ausflusspunctes steht, bei einigem Nachdenken auf das nothwendige Dasein einer unterirdischen Wärmequelle verweisen, so gewähren die fühlbar warmen und heissen Quellen einen so überzeugenden Beweis dafür, dass Jedermann da, wo er eine heisse Quelle hervorsprudeln sieht, unwillkürlich einen Wärmeheerd in der Tiefe voraussetzt. Wir haben es bereits früher (S. 67) angedeutet, dass die Thermen in ihren verschiedenen Abstufungen die erste Reihe einer Temperaturscala darstellen, deren weithin folgende Glieder in der glühendflüssigen Lava gegeben sind, und haben somit schon damals auf das Centralfeuer, als die eigentliche Ursache der heissen Quellen verwiesen.

Damit ist aber auch zugleich der Zusammenhang ausgesprochen, welcher zwischen den heissen Quellen und dem Vulcanismus obwaltet;

*) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, I, S. 187.

und wenn uns die Vulcane diejenigen Regionen der Erdveste bezeichnen, wo das Centralfeuer der Oberfläche näher gerückt ist, als anderwärts, so werden wir es sehr begreiflich finden, dass die heissen Quellen in der Nachbarschaft thätiger oder erloschener Vulcane häufiger vorkommen, als in anderen Gegenden. Nächst den eigentlichen vulcanischen Gegenden werden sich aber auch solche Landstriche, in welchen sich bedeutende Ablagerungen plutonischer, d. h. nach Art der Lava an die Oberfläche gelangter Gesteinsmassen vorfinden, der Ausbildung von heissen Quellen besonders günstig zeigen müssen, weil auch dort das Centralfeuer, wenn auch schon vor langer Zeit, in ein höheres Niveau hinaufgedrängt, oder doch zwischen ihm und der Erdoberfläche eine leichtere Communication hergestellt worden ist. Und so sehen wir denn auch z. B. in dem Gebiete grosser Ablagerungen von basaltischen und trachytischen Gesteinen gleichfalls sehr viele Thermen hervorbrechen. Desungeachtet aber giebt sich die Unabhängigkeit der heissen Quellen von eigentlichen Vulcanen und die Allgegenwart der ihnen jedenfalls zu Grunde liegenden Ursache besonders dadurch zu erkennen, dass auch viele derselben in solchen Gegenden hervorbrechen, die fern von allen Vulcanen liegen.

Diess ist z. B. der Fall mit den sehr heissen und ausserordentlich stark fliessenden Quellen von Hammam-mes-Kutin zwischen Bona und Constantine, deren Temperatur von 60 bis 95° C. angegeben wird; ferner mit den warmen Quellen im Caplande, welche nach Kraus entfernt von jedem plutonischen Gesteine aus Sandstein hervorbrechen, wie denn überhaupt im südlichen Africa gar keine äussere Andeutung einer vulcanischen Thätigkeit vorhanden ist*); eben so verhalten sich die warmen Quellen, welche in Nordamerika im Gebiete der Appalachischen Gebirgskette bekannt sind, und sehr viele andere. Ja, nach Humboldt zeigen sich gerade die heissesten unter den permanenten Quellen fern von allen Vulcanen; wofür er die Aguas calientes de las Trincheras in Südamerika, zwischen Porto-Cabello und Nueva-Valencia, und die Aguas de Comangillas bei Guanaxuato anführt, von denen jene nach Boussingault jetzt 97°, diese nach seinen eignen Beobachtungen 96,4° C. Wärme besitzen**).

Dergleichen heisse Quellen, welche fern von vulcanischen und plutonischen Gebilden liegen, pflegen aber doch in der Regel auf grösseren Dislocations-Spalten der Erdkruste hervorzubrechen, und schon dadurch ihre Abhängigkeit von solchen Ereignissen zu verkünden, welche aus einer sehr grossen Tiefe heraufgewirkt und eine Verbindung zwischen dieser Tiefe und der Erdoberfläche hergestellt haben.

*) Neues Jahrbuch für Min., 1843, S. 155 f.

**) Kosmos, I, S. 229.

Bischof hat übrigens gezeigt, dass die in hohen Gebirgen entspringenden warmen Quellen zum Theil auch von abwärts fliessenden Wasseradern gebildet werden können, indem nämlich Gewässer vom Rücken des Gebirges auf Klüften in das Innere desselben gelangen, wo eine höhere Temperatur herrscht, und dann irgendwo an tieferen Puncten zu Tage austreten*). Allein die meisten warmen und heissen Quellen dringen gewiss als aufwärts steigende Wasseradern an die Oberfläche; wenn auch nicht zu läugnen ist, dass das sie bildende Wasser ursprünglich den entgegengesetzten Weg bis in diejenigen Tiefen verfolgt hat, wo es seine höhere Temperatur erlangte. Diese Erwärmung der atmosphärischen oder der sonstigen in die Tiefe fallenden Wasser, und ihre dadurch bedingte Umwandlung in heisse Quellen kann aber besonders auf zweierlei Weise Statt finden. Entweder fallen sie direct bis in diejenige Tiefe, in welcher die zu ihrer Erhitzung nöthige Temperatur Statt findet, oder sie gelangen schon in oberen Teufen mit erhitzten Wasserdämpfen oder dergleichen Wasseradern zur Berührung und Vermischung, worauf sie dann in beiden Fällen, bei günstigen Verhältnissen des Druckes, als warme oder heisse Quellen an der Oberfläche ausfliessen. Dass hochgespannte Dämpfe sehr häufig mit im Spiele sein müssen, diess ergiebt sich schon aus der ausserordentlichen Heftigkeit, mit welcher die Ausströmung der heisseren Quellen auch in solchen Gegenden erfolgt, wo man die Bedingungen zu einem starken hydrostatischen Drucke weit und breit vergebens suchen würde.

Unter allen heissen Quellen zeigen wohl keine so auffallende Erscheinungen und sind keine so häufig beschrieben und besprochen worden, als diejenigen des Haukadals auf Island, von welchen namentlich der Geysir und der Strokkr eine solche Berühmtheit erlangt haben, dass deren Beschreibung hier um so mehr an ihrem Orte sein dürfte, als eine neue physikalische Theorie derselben erst kürzlich von Bunsen aufgestellt worden ist.

Der grosse Geysir, am Fusse des Barnafell, hat sich durch allmäligen Absatz der in seinem Wasser aufgelösten Kieselerde um seine Ausmündung einen flachen Kegel aus Kieseltuff und Kieselsinter, von 25 bis 30 Fuss Höhe und 200 Fuss Durchmesser gebildet. Auf dem Gipfel dieses Kegels ist ein rundes Bassin von 6 bis 7 Fuss Tiefe und 50 bis 60 Fuss Durchmesser eingesenkt, in dessen Grunde sich der 9 Fuss weite cylindrische Canal mündet, aus welchem das Wasser heraufdringt. Die Wände dieser senkrechten Ausflussröhre bestehen ebenfalls aus Kieselsinter. Gewöhnlich ist das Wasser ruhig, steigt in dem Bassin allmälig bis zum Rande, und zeigt an der Ober-

*) Bischof, Lehrbuch der chem. und phys. Geologie, I, S. 127 ff.

fläche eine Temperatur von 76 bis 89° C., während es in 22 Meter Tiefe vor den sogleich zu beschreibenden Eruptionen 127°, nach denselben 122° C. zeigt. Allein von Zeit zu Zeit, gewöhnlich aller 24 bis 30 Stunden, tritt eine äusserst heftige und grossartige Wasser-Eruption ein, welcher mehre kleinere Eruptionen vorausgehen. Diese letzteren beginnen mit starken unterirdischen Detonationen, worauf das Wasser bis zum Rande des Bassins anschwillt, aufkocht, und endlich durch mächtige Dampfblasen wohl an 20 Fuss hoch aufwärts geschleudert wird. Solche vorläufige Eruptionen ereignen sich anfangs etwa aller 2 Stunden, dann aber in etwas kürzeren Zwischenzeiten*), bis endlich eine der grösseren Eruptionen erfolgt, welche sich durch stärkeren Donner und wiederholte furchtbar starke Schläge verkündigt, bei denen der Erdboden heftig erschüttert wird. Eine dicke Dampfsäule steigt dann pfeilschnell zu grosser Höhe, und mitten in ihr eine Wassersäule, welche bei 9 Fuss Dicke bald 80 bis 100 Fuss hoch ist, bald auf die Hälfte zusammensinkt, auch wohl auf einen Augenblick gänzlich verschwindet, um dann mit erneuter Kraft aufwärts zu schiessen. Dieses Spiel dauert etwa 10 Minuten lang, worauf die Wassersäule gänzlich zurücksinkt, und die Ruhe wiederkehrt**).

Der Strokkr liegt etwa 100 Schritt vom grossen Geysir entfernt, und hat eine nach unten sehr spitz kegelförmige, nach oben nur etwas über 7 Fuss

*) Nach Sartorius v. Waltershausen und Descloizeaux, welche 12 Tage lang diese Explosionen des Geysir sorgfältig aufgezeichnet, erfolgen sie in sehr regelmässigen Zwischenzeiten von 1 Stunde und 20 bis 30 Minuten, bis sie plötzlich den Charakter einer stärkeren Eruption annehmen. Physisch geographische Skizze von Island, S. 129.

**) Sartorius beschreibt diese grösseren Ausbrüche a. a. O. folgendermaassen. Ein stärkeres Donnern wird aus der Tiefe vernommen; das Wasser schwillt im Bassin, schlägt hohe Wellen und wirbelt umher; in der Mitte erheben sich gewaltige Dampfblasen, und nach wenigen Augenblicken schiesst ein Wasserstrahl, in feinen blendend weissen Schaum zerstiebt, in die Luft; er hat kaum eine Höhe von 80 bis 100 Fuss erreicht und seine einzelnen Perlen sind noch nicht im Zurückfallen begriffen, so folgt ein zweiter und dritter, höher emporsteigender, dem ersten nach. Grössere und kleinere Strahlen verbreiten sich nun in allen Richtungen; einige sprühen seitwärts, kürzeren Bogen folgend; andere schiessen aber senkrecht empor mit sausendem Zischen; ungeheure Dampfwolken wälzen sich über einander und verhüllen zum Theil die Wassergarbe; nur noch ein Stoss, ein dumpfer Schlag aus der Tiefe, dem ein spitzer, alle anderen an Höhe übertreffender Strahl, auch wohl von Steinen begleitet, nachfolgt, und die ganze Erscheinung stürzt, nachdem sie nur wenige Minuten gedauert, in sich zusammen, wie eine phantastische Traumgestalt beim Einbrechen des Morgens. Ehe noch der dichte Dampf im Winde verzogen und das siedende Wasser an den Seiten des Kegels abgelaufen ist, liegt das vorher ganz mit Wasser gefüllte Bassin trocken vor dem Auge des Beobachters, der im tiefer führenden Rohre, fast 2 Meter unter dem Rande, das Wasser ruhig und still wie in jedem andern Brunnen erblickt.

erweiterte Ausflussröhre, welche gleichfalls von Kieselsinter gebildet, aber nur von einem 4 bis 5 Fuss hohen Sinterwall umgeben wird. Das Wasser steht gewöhnlich 10 bis 14 Fuss tief unter der Mündung, ist fortwährend in heftigem Sieden begriffen, und hat im unteren Theile der 41 F. tiefen Röhre 114° Wärme. Alle zwei bis drei Tage hat jedoch der Strokkr eine Eruption, welche einen noch weit schöneren Anblick gewähren soll als die des Geysir. Mit fürchterlicher Gewalt wird dann das Wasser zu ausserordentlicher Höhe hinausgetrieben und zuletzt in feine Nebel zerstiebt; grosse Steine werden hoch aufwärts geschleudert, dass sie dem Auge fast verschwinden, oft so vollkommen vertical, dass sie in den Schlund zurückfallen und abermals hinausfliegen. Zuletzt besteht die ganze Säule nur aus Wasserdampf, der sich pfeifend und zischend mit unglaublicher Geschwindigkeit zu den Wolken erhebt, bis nach ungefähr $1/4$ Stunde die Eruption ihr Ende erreicht*).

Bunsen hat sich 10 Tage lang mit der Untersuchung des Geysir beschäftigt, und ist dabei auf eine ganz neue Theorie seiner Eruptionen gelangt. Zuvörderst bestätigte er gemeinschaftlich mit Descloizeaux die, schon von Lottin und Robert beobachtete höhere Temperatur in der Tiefe der im Eruptionscanale enthaltenen Wassersäule; auch fanden beide, dass nach jeder Eruption die Temperatur in allen Höhen der Wassersäule im Steigen begriffen ist, ohne doch irgendwo den dem Drucke entsprechenden Siedepunct zu erreichen. Die Erscheinungen müssen nun verschiedentlich erfolgen, je nachdem der Ausflusscanal bis oben hinauf eng ist, oder sich dort bedeutend erweitert. Im ersteren Falle wird die aufsteigende und über 100° erhitzte Wassermasse an der Oberfläche bis auf die Temperatur von 100° herabsinken und der ganze Wärmeüberschuss zur Dampfbildung verwendet werden. Das Wasser dringt dann, durch diese Dämpfe gehoben, als Schaum in einem ununterbrochenen Strahle unter Sausen und Brausen hervor. Im zweiten Falle dagegen, wo der Canal nach oben sehr weit ist, da wird sich das Wasser an der Oberfläche zwar bedeutend abkühlen, aber zum grossen Theile plötzlich ins Kochen kommen, sobald nur, z. B. durch eine Dampfanhäufung in der Tiefe, ein dort befindlicher Theil der Wassersäule rasch aufwärts gedrängt wird, und dadurch unter einen Druck gelangt, welcher seiner Temperatur nicht mehr angemessen ist. Nach einiger Zeit wird sich das Wasser an der Oberfläche wiederum abgekühlt haben, bis eine neue Dampfexplosion eine neue Wassermasse in ein höheres Niveau treibt, und so werden sich denn periodische Aufwallungen und Eruptionen ereignen müssen, wie sie der Geysir in der That zeigt. Diese Eruptionen werden übrigens wiederholt aufsteigende Wassersäulen zeigen müssen und gleichsam in successiven Schüssen Statt finden, weil das zurückstürzende Wasser immer eine theilweise Condensation des Dampfes bewirkt. Die kleineren Eruptionen, welche allemal jeder grösseren Eruption vorausgehen, sind gleichsam misslungene Versuche zu dieser letzteren, welche erst dann eintritt, wenn die Wasser-

*) Nach Krug v. Nidda, aus dessen Abhandlung in Karstens Archiv für Min. u. s. w., Bd. 9, S. 247 ff., diese Beschreibung grösstentheils entlehnt ist. Ohlsen sah einmal eine Eruption des Strokkr, welche 2 Stunden lang währte.

masse so weit erhitzt worden ist, dass die mit der Emporhebung verbundene Druckverminderung ein allgemeines Aufkochen bewirken kann*).

Der Strokkr steht mehr unter den Bedingungen des ersten Falles, daher seine ganze Wassermasse fortwährend im Sieden begriffen ist. Die Ursache seiner periodischen grossen Eruptionen muss ihren Sitz in grösserer Tiefe haben.

Die alte Hypothese zur Erklärung der Geysir-Eruptionen, welche unterirdische Höhlen, gleichsam Dampfkessel, annimmt, die bald mit Dampf, bald mit Wasser erfüllt sind, soll nach Bunsen ganz unzulässig sein.

*) Vergl. Bunsen's treffliche Abhandlung in den Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 62, 1847, S. 1 ff., wo S. 26 bis 40 diese Theorie entwickelt wird; auch Poggend. Annalen, Bd. 72, 1847, S. 159 ff.

II.

Chthonographie

oder

Geognosie der festen Erdkruste.

§. 87. *Uebersicht und Eintheilung.*

Die Chthonographie, oder die Geognosie in der engeren und gewöhnlichen Bedeutung des Wortes, ist die wissenschaftliche Darstellung der Form-, Massen-, Structur- und Architektur-Verhältnisse der festen Erdkruste, so wie der gegen sie gerichteten Einwirkungen der Atmosphärilien, der Gewässer und des Erdinnern.

Die äussere Form ist das Erste, wodurch sich uns die Eigenthümlichkeit der meisten Dinge zu erkennen giebt. Daher wird die feste Erdkruste zunächst nach ihren räumlichen und gestaltlichen Verhältnissen zu betrachten sein. Diese Betrachtungen beziehen sich wesentlich auf die gegenseitigen Gränzen zwischen Land und Meer, und auf die Configuration des Festlandes und Meeresgrundes; sie bilden denjenigen Abschnitt der Chthonographie, welche man füglich die Morphologie der Erdoberfläche nennen kann.

Nächst der Form ist es das Material der festen Erdkruste, welches unsere Aufmerksamkeit in Anspruch nimmt. Nun bilden zwar eigentlich die sämmtlichen Mineralien, zugleich mit zahllosen organischen Ueberresten oder Fossilien, das Material, aus welchem die Erdkruste zusammengesetzt ist. Allein, es spielen dabei gewisse Mineralien und Mineral-Aggregate eine so wichtige Rolle, sie treten mit so überwiegender Masse auf, dass in Vergleich zu ihnen die meisten übrigen Mineralien und Mineral-Aggregate als verschwindende Grössen vernachlässigt

werden können. Diese vorherrschenden Mineral-Aggregate, welche man Gesteine oder Felsarten nennt, und als die eigentlichen Bausteine der Erdkruste anzusehen hat, liefern demnach einen sehr wichtigen Gegenstand, mit dessen Betrachtung sich die Petrographie oder Gesteinslehre beschäftigt. Indessen sind es nicht nur Mineralien und deren Aggregate, sondern auch Fossilien, d. h. Ueberreste organischer Körper, theils noch mit wirklicher organischer Masse, theils ohne solche, versteinert, und nur noch an der organischen Form erkennbar, welche ganze Schichten und Schichten-Systeme zusammensetzen, und überdiess für die Entwicklungsgeschichte der äusseren Erdkruste eine so hohe Bedeutung haben, dass wir auch ihnen unsere besondere Aufmerksamkeit zuwenden müssen. Daher wird sich an die Petrographie eine kurze Uebersicht der Paläontologie oder Petrefactenkunde anschliessen, um wenigstens die wichtigsten der in den Gesteinsschichten begrabenen Thier- und Pflanzen-Formen nach ihrem allgemeinen Charakter einigermaassen kennen zu lernen.

Die mancherlei Aggregate von Mineralien und Fossilien, aus welchen die Erdkruste besteht, erscheinen aber nicht etwa in regellosen Massen chaotisch durch einander geworfen; vielmehr treten sie in mehr oder weniger bestimmten Formen auf, welche mit einander nach gewissen Gesetzen verbunden sind. Die Darstellung jener Formen und dieser Gesetze bildet die Aufgabe der allgemeinen Structurlehre, welche als einer der wichtigsten Abschnitte der Geognosie zu betrachten ist.

Die bisher aufgeführten Abschnitte bilden in ihrer Vereinigung denjenigen Theil der Chthonographie, welcher sich insofern als der präparative Theil der ganzen Wissenschaft bezeichnen lässt, wiefern die in ihm abzuhandelnden Lehren gewisse allgemeine Verhältnisse und Erscheinungen betreffen, und nur als Vorbereitungen auf den folgenden Theil zu betrachten sind, in welchem die eigentliche Hauptaufgabe der Wissenschaft zur Lösung gebracht werden soll. Dieser zweite oder applicative Theil hat nämlich die Architektonik der festen Erdkruste, oder die Lehre von den Gebirgs-Formationen nach ihrer wesentlichen Eigenthümlichkeit, ihrer gesetzmässigen Aufeinanderfolge und Verknüpfung zum Gegenstande. Unter fortwährender Benutzung der in dem präparativen Theile gewonnenen Thatsachen und Gesetze kommen in dem applicativen Theile die grossen Hauptglieder, welche sich in der Architektur der äusseren Erdkruste unterscheiden lassen, theils nach dem allgemeinen Typus ihrer Entwicklung, theils nach dem besonderen Localtypus zur Darstellung, welcher ihnen in den wichtigsten Regionen ihres Vor-

kommens zusteht. Indem wir dabei von den ältesten bis zu den neuesten Formationen fortschreiten, werden wir in den letzteren, durch die vor unseren Augen noch erfolgenden Bildungen der Gegenwart mit den grossen Operationen der Natur bekannt, durch welche die neueren Formationen zum Dasein gelangt sind, und gewinnen dadurch zugleich einen natürlichen Anknüpfungspunct für die Betrachtungen der Geogenie.

Präparativer Theil.

Erster Abschnitt.

Morphologie der Erdoberfläche.

§. 88. *Allgemeine Configuration; Land und Meeresgrund.*

Bei der Betrachtung der Form-Verhältnisse der Erdkruste kann nur die Form ihrer Oberfläche oder Aussenseite in Rücksicht kommen, weil wir über die Begränzungsweise ihrer Innenseite oder Unterfläche gar keine bestimmte Kenntniss haben, und uns hinsichtlich dieser nur mit mehr oder weniger wahrscheinlichen Vermuthungen begnügen müssen.

Durch Gradmessungen, Pendelbeobachtungen und astronomische Untersuchungen ist es nach §. 9 und 11 erwiesen, dass die Oberfläche unseres Planeten in ihrer allgemeinen Ausdehnung die Form eines, an seinen Polen abgeplatteten Sphäroides, oder eines Revolutions-Ellipsoides besitzt, wie solches durch die Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entstanden gedacht werden kann. Die Abplattung dieses Sphäroides ist nach den zuverlässigsten Ergebnissen auf $1/_{299}$ bis $1/_{289}$ zu setzen, und die absoluten Dimensionen desselben bestimmen sich ungefähr dahin, dass der Aequatorial-Durchmesser 1719, der Polar-Durchmesser aber, oder die Erdaxe, 1713 geographische Meilen gross ist. Die absolute Grösse der Abplattung beträgt daher ungefähr 6 geogr. Meilen; oder jeder Pol liegt dem Erdmittelpuncte fast 3 Meilen näher, als irgend ein Punct des Aequators.

Genauer bestimmt sich nach Bessel, unter der Voraussetzung einer Abplattung von $1/_{299}$, der Polar-Durchmesser zu 1713,14, der Aequatorial-Durchmesser zu 1718,88 geogr. Meilen, folglich die absolute Grösse der Abplattung zu 5,73 oder sehr nahe zu $5\frac{3}{4}$ Meilen, und die Depression eines jeden Poles zu $2\frac{7}{8}$ Meilen; vergl. oben §. 9.

Diese allgemeine Form ist jedoch gewissermaassen ideal, und keineswegs überall in völliger Regelmässigkeit und Stetigkeit ausgebildet

(§. 12); sie tritt noch am bestimmtesten in der Oberfläche des Oceans hervor, welcher die grossen Hauptvertiefungen der festen Erdoberfläche erfüllt. Diese letztere aber lässt viele und sehr bedeutende Unebenheiten, lässt eine Abwechslung von grossen Erhebungen und Vertiefungen erkennen, und liefert somit den Beweis, dass die besondere Configuration der Aussenseite unseres Planeten die manchfaltigsten Abweichungen von der allgemeinen Form jenes Ellipsoides zeigen muss.

Für die Betrachtungen dieser besonderen Configuration wird aber jedenfalls der Spiegel des Oceans als der sicherste Ausgangspunct zu Grunde zu legen sein. Derselbe scheidet zuvörderst die ganze Oberfläche der Erde in zwei ziemlich scharf gesonderte Abtheilungen, nämlich in Meeresgrund, den vom oceanischen Gewässer bedeckten Theil, und in Land, den vom oceanischen Gewässer nicht bedeckten und gewöhnlich über den Meeresspiegel hervorragenden Theil. Der Meeresspiegel bildet daher einen, wenn auch im Einzelnen etwas schwankenden, so doch im Allgemeinen ziemlich unveränderlichen Horizont, in welchem der ganzen Morphologie der Erdoberfläche ihr eigentliches Fundament geboten wird; er stellt die ellipsoidisch gekrümmte Horizontalfläche dar, über welcher wir in der Regel das Land, und unter welcher wir in der Regel den Meeresgrund, als die beiden wichtigsten Abtheilungen der festen Erdoberfläche unterscheiden.

Dass Verhältniss zwischen der Oberfläche des Meeres und des Landes bestimmte schon Halley = 3 : 1, was jedoch etwas zu gross ist. Rigaud ermittelte es im Jahre 1837 genauer = 2,76 : 1; durch die späteren Entdeckungen von Ross, Wilkes und Dumont d'Urville wird es natürlich noch mehr verkleinert, so dass vielleicht $2\frac{2}{3}$: 1 oder 8 : 3 der Wahrheit am nächsten kommen dürfte.

I. Morphologie des Landes.

1) Contourformen des Landes.

§. 89. *Allgemeine Aehnlichkeit der Contourformen der Continente.*

Die Formen des Landes lassen sich von zwei verschiedenen Gesichtspuncten aus in Betrachtung ziehen, je nachdem sie nämlich durch ihre horizontale Begränzung in dem Niveau des Meeresspiegels, oder durch ihre verticale Erhebung über demselben bestimmt werden. Wir können jene Formen die Contourformen, diese die Reliefformen des Landes nennen.

Seinen Contourformen und seiner horizontalen Ausdehnung nach zerfällt das Land bekanntlich in mehre Continente, oder grössere und zusammenhängende Ländermassen, und in viele Inseln, oder kleinere unzusammenhängende und oft zerstreut liegende Landparcellen. Da nun die allgemeinen Umrisse der Continente beider Hemisphären, da die Eintheilung derselben in verschiedene Erdtheile und die durch sie bestimmten Abtheilungen des Oceans als hinreichend bekannt vorausgesetzt werden können, so mag es an gegenwärtigem Orte genügen, auf einige Verhältnisse derselben aufmerksam zu machen, welche nicht gerade in allen Lehrbüchern der Geographie zur Erwähnung gebracht werden.

Das eine dieser Verhältnisse betrifft gewisse Aehnlichkeiten oder Uebereinstimmungen, welche die Continente beider Hemisphären in ihrer allgemeinen Configuration erkennen lassen. Schon Bacon von Verulam hob es als eine sehr merkwürdige Erscheinung hervor, dass die beiden grossen Continentalmassen der östlichen und westlichen Hemisphäre nach Süden in eine Spitze auslaufen, während sie sich nach Norden immer mehr ausbreiten, um zuletzt mit sehr bedeutender Breite zu endigen. Später wurde dasselbe Verhältniss von Reinhold Forster noch specieller verfolgt, indem er die südliche Zuspitzung Afrikas und Amerikas auch für Asia in der Halbinsel Vorder-Indien und für Neuholland in Vandiemensland wieder zu finden glaubte; auch machte er aufmerksam darauf, dass die genannten vier Erdtheile, vorzüglich aber dass Südamerika und Afrika auch insofern eine merkwürdige Aehnlichkeit ihrer allgemeinen Configuration zeigen, als sie auf ihrer Westseite einen grossen Meerbusen, gleichsam einen Ausschnitt ihrer Contourform besitzen, wie solches besonders bei Afrika sehr auffallend im Meerbusen von Guinea und auch bei Südamerika noch deutlich genug im Meerbusen von Arica hervortritt.

Noch weiter wurden diese und andere Analogieen von Steffens verfolgt. Er glaubte die südliche Verschmälerung und nördliche Ausbreitung als ein fast allgemein giltiges Gesetz zu erkennen, welchem nicht nur die Continente überhaupt, sondern auch die einzelnen Glieder derselben unterworfen seien; wie diess z. B. bei Europa in der Spanischen, Italischen und Griechischen Halbinsel, bei Asien in Arabien, Vorder- und Hinter-Indien, in Korea und Kamtschatka deutlich hervortrete. Er machte ferner auf die, durch schmale Landengen vermittelte Verbindung aufmerksam, welche zwischen den drei nördlichen und den drei südlichen Erdtheilen Statt finde, wobei er freilich die, zwischen Asien und Neuholland gelegene Landenge ursprünglich aus der Halbinsel Malacca und den Inseln Sumatra, Java, Sumbawa, Flores, Timor, den Banda-Inseln und Neu-Guinea zusammengesetzt aber gegenwärtig zerrissen annimmt. Er hob als eine dritte

Uebereinstimmung den Umstand hervor, dass jeder von diesen drei Landengen auf ihrer einen Seite ein grosser und vielfältig zusammengesetzter Archipelagus von Inseln vorliege; so dem Isthmus von Panama auf seiner Ostseite die grossen und kleinen Antillen; der Landenge von Suez auf ihrer Nordwestseite Cypern und der griechische Archipelagus; der vorausgesetzten Landenge zwischen Asien und Neuholland endlich der Archipelagus der Sunda-Inseln und Philippinen.

Obwohl nun aber dergleichen geographische Analogieen und Combinationen in mancher Hinsicht recht interessant und nützlich sein können, so dürfte ihnen doch für die Geognosie keine grosse Wichtigkeit beizulegen sein.

Von einem ganz anderen Gesichtspuncte aus hat neuerdings James Dana gewisse allgemeine Gesetze in der Configuration des Landes nachzuweisen gesucht*). Er glaubt im Verlaufe der Küstenlinien und der Inselketten die zwei Richtungen von NO. nach SW. und von NW. nach SO., als die vorherrschenden Normal-Richtungen zu erkennen, und schliesst daraus, dass diese beiden Streichlinien *(trends)* wirklich ein der Landbildung zu Grunde liegendes Gesetz oder System bestimmen. Auch sucht er nachzuweisen, dass die verschiedenen Streichlinien der Küsten und der Inselketten in der Regel, oder doch sehr häufig, unter rechten Winkeln zusammentreffen, auch wenn sie nicht jenen Normal-Richtungen folgen; in welchem Falle sich diess natürlich von selbst verstehen würde. Er bringt diese Thatsachen mit dem Laufe der Gebirgsketten, mit gewissen theoretischen Ansichten von Hopkins, so wie mit seiner eigenen Theorie über die Contraction der starren Erdkruste in Verbindung, und glaubt daraus sehr wichtige Folgerungen über die Bildung der Continente ableiten zu können.

§. 90. *Gliederung der Continente; allgemeine Gliederungsformen.*

Wichtiger und interessanter ist der zuerst von A. von Humboldt hervorgehobene, dann von Ritter und Berghaus weiter verfolgte Unterschied zwischen der geschlossenen und gegliederten Contourform der Länder, und das daraus folgende Verhältniss der Peripherie zu dem Areale, der Küstenlänge zu dem Flächenraume der Continente und ihrer einzelnen Glieder; ein Verhältniss, welches für die Entwicklungsgeschichte der Natur wie der Menschheit von der höchsten Bedeutung

*) Besonders in seiner Abhandlung: *Origin of the Grand Outline Features of the Earth;* in *The American Journal of sc.*, 2. *ser. vol. III.* 1847. *p.* 381 *sq.*

ist, daher eine kurze Uebersicht der Continente nach diesem Verhältnisse hier eingeschaltet werden mag*).

Vorher wird es jedoch nicht unpassend sein, einige allgemeine Bemerkungen über die Formen der Küstenglieder vorauszuschicken.

Die horizontale Gliederung der Küsten wird durch den Wechsel ausspringender und einspringender Theile hervorgebracht, von welchen die ersteren dem Lande, die letzteren dem Meere angehören. Die grösseren einspringenden Theile des Meeres heissen Meerbusen oder Golfe, die kleineren Baien oder Buchten; schmale, aber sehr tief in das Land eindringende Buchten nennt man auch Fjorde, zumal wenn sie von hohen und steilen Ufern eingeschlossen werden. Die ausspringenden Theile des Landes heissen Halbinseln, oder auch Landzungen, wenn sie lang, schmal und flach sind; die kleinsten Vorsprünge des Landes werden, nach Maassgabe ihrer besonderen Beschaffenheit, Landspitzen, Caps oder Vorgebirge genannt.

Ein sehr schmaler Theil des Meeres, welcher durch das nahe Zusammentreten zweier continentaler Länder, oder einer Insel und eines continentalen Landes, oder auch zweier Inseln gebildet wird, heisst eine Meerenge oder Strasse, ein Canal oder Sund. Stehen grosse Meerbusen nur durch eine solche Meerenge mit dem freien Ocean in Verbindung, so nennt man sie wohl auch Binnenmeere oder mediterrane Meere. Ein schmaler Landstrich dagegen, welcher zwei continentale Länder verbindet, oder durch welchen eine Halbinsel an das Festland angeschlossen ist, wird eine Landenge oder ein Isthmus genannt.

Zu den einspringenden Theilen der Küsten lassen sich noch die meisten Ausmündungen der Ströme und Flüsse rechnen, welche auch bisweilen Aestuarien genannt werden, wenn sie weit geöffnet sind, und wenn sich das Spiel der Ebbe und Fluth weit hinein geltend macht. Viele Strom-Mündungen sind nicht einfach, sondern mehrfach ausgebildet, indem sich der Strom vor seiner Ausmündung in zwei oder mehre, divergirende Arme theilt, welche zwischen ganz flachen Strominseln in

*) Die erste Idee zu dieser arithmetisch-geometrischen Auffassung der Gliederungsverhältnisse der Continente gab Humboldt (*Voyage aux régions équinoxiales etc.*, *t. X*, 1825, *p.* 221). Ritter führte solche weiter aus in den Abhandlungen der Berliner Akademie von 1826, S. 120 ff., und 1828, S. 243 ff. Nach ihm wurden diese Verhältnisse specieller und genauer behandelt von Berghaus, in den Ersten Elementen der Erdbeschreibung, 1830, und von v. Roon, in den Grundzügen der Erd-, Völker- und Staatenkunde, 1837. Von einer etwas anderen Seite fasste Nagel dasselbe Problem auf, in den Annalen der Erdkunde, Bd. XII, 1835, S. 490 ff.

das Meer ausfliessen. Den zwischen den beiden äussersten Armen einer solchen Strom-Mündung eingeschlossenen, gewöhnlich dreieckig begränzten, und mit seiner Basis oft bogenförmig in das Meer vorspringenden Theil des Landes nennt man ein Delta, und die flachen, zur Fluthzeit vom Meere überschwemmten, zur Ebbezeit als schlammige Tümpel erscheinenden Vertiefungen eines solchen Delta, Lagunen.

Eine ganz eigenthümliche, und durch die Verhältnisse der Ausströmung so wie des vorliegenden Meeresgrundes bedingte Gliederungsform der Küsten sind die sogenannten Nehrungen (Lidis oder Peressips) und die mit ihnen in Verbindung stehenden Haffe (oder Limans). Unter einer Nehrung (an den Venetianischen Küsten Lido, an den Südküsten Russlands Peressip genannt) versteht man eine sehr lange und schmale, dabei niedrige, aus Sand oder Schlamm gebildete Halbinsel, welche in einer der Küste parallelen Richtung der Ausmündung eines Stromes vorliegt. Das zwischen der Nehrung und der Strommündung enthaltene Wasser wird Haff (am schwarzen Meere Liman) genannt.

Einige der ausgezeichnesten Beispiele liefern: die 14 Meilen lange und oft nur 5000 bis 6000 Fuss breite Landzunge von Arabat, welche das faule Meer von dem Asowschen Meere trennt, die Kurische Nehrung und die frische Nehrung mit den gleichnamigen Haffen. Auch die Westküste von Jütland, die Küste bei Venedig, und andere flache Küstenstriche zeigen ähnliche Erscheinungen.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass die Gränze zwischen Meer und Land keinesweges überall scharf bestimmt ist, indem an solchen Küsten, wo der Unterschied zwischen dem Hoch- und Tiefwasserstande des Meeres bedeutend ist, eine mehr oder weniger breite Zone als neutrales Gebiet auftritt, weil sie abwechselnd als Meeresgrund und als Land erscheint. Diese Zone, welche man die Fluthzone oder Littoralzone nennt, wird natürlich um so breiter sein, je flacher die Küste und je grösser die Differenz zwischen Ebbe und Fluth ist. Bezeichnet man die letztere mit h und den Ansteigungswinkel der Küste mit α, so wird die Breite der Fluthzone $= \frac{h}{sin \alpha}$. Nach James Smith beträgt diese Breite an manchen Küstenstrichen des Englischen Canals bis 7 Engl. Meilen.

§. 91. *Gliederung Afrikas und des Europäisch-Asiatischen Continentes.*

Afrika zeigt in seinen Contourformen die grösste Abgeschlossenheit und Einförmigkeit, indem seine Küstenlinien fast stetig fortlaufen, ohne irgendwo auffällige ein- und ausspringende Winkel zu zeigen, so dass

man diesen Erdtheil nicht unpassend einen Rumpf ohne Glieder, einen Stamm ohne Aeste genannt hat. Nur der Meerbusen von Guinea bildet einen weiten bogenförmigen Ausschnitt; wäre er nicht vorhanden, so würde sich Afrika seinen Contourformen nach als ein völlig geschlossenes Oval darstellen. Hieraus folgt denn, dass die Küstenlänge Afrikas zu seinem Flächeninhalte in einem sehr kleinen, und für die Cultur und Zugänglichkeit dieses Erdtheils höchst ungünstigen Verhältnisse stehen muss. Der Flächeninhalt beträgt nämlich 534,000 Quadratmeilen, die Küstenlänge 3500 Meilen; also kommt auf je 152 □M. Land nur 1 Meile Strand, was im Vergleich zu den übrigen Erdtheilen sehr wenig ist.

Europa und Asia bilden beide zusammen gewissermaassen nur einen Erdtheil des grossen Continentes der östlichen Hemisphäre; denn während Afrika blos durch die schmale und kurze Landenge von Suez, so hängt Europa in einer 360 M. langen Landstrecke mit Asia zusammen. Europa bildet nur einen nordwestlichen Fortsatz von Asia, gleichsam das edelste Pfropfreis auf dem mächtigen wilden Stamme, wie Ritter sagt.

Dieses Europäisch-Asiatische Continent steht nun hinsichtlich seiner Gliederung im auffallendsten Gegensatze zu Afrika. Denn es streckt fast nach allen Seiten viele und z. Th. sehr grosse und langgedehnte Halbinseln in das Meer hinaus, so dass seine Contoure vielfältige Ausschnitte und Einschnitte, abwechselnd weit ausspringende und tief einspringende Winkel zeigen. Dadurch wird aber der Küstenumfang dieses Continentes in ein sehr bedeutendes Verhältniss zu dem Flächeninhalte desselben gestellt. Das Areal von Europa und Asia zusammen beträgt nämlich 970000 □M., die Küstenlänge 12000 M.; also kommt auf je 80 □M. Land 1 M. Strand, was fast doppelt so viel ist, als in Afrika.

§. 92. *Gliederung Europas.*

Das Maximum der Gliederung fällt nun insbesondere auf Europa, dessen Peripherie dermaassen zerschnitten und in Meerbusen und Halbinseln gesondert ist, dass es ziemlich schwer wird, die Hauptform dieses Erdtheiles in dem Gewirre der Glieder herauszufinden. Will man jedoch einen Rumpf, gleichsam eine Kerngestalt, in diesem vielgliederigen Erdtheile nachweisen, so würde man dazu ein Dreieck zu wählen haben, dessen eine Spitze nördlich, hoch oben in Russland, im Karischen Meerbusen, die andere südlich, an der Mündung des Don bei Tscherkask, und die dritte westlich bei Bayonne liegt. Dieses Continental-Dreieck Europas begreift ungefähr 75,000 □M.; die ihm angehefteten Glieder aber enthalten 85,000 □M., so dass also die sämmtlichen Glieder bedeutend

mehr ausmachen, als der Rumpf selbst; und doch sind hierbei die losgetrennten Glieder noch nicht einmal mit in Anschlag gebracht, zu welchen besonders die britischen und dänischen Inseln, und die Inseln des Mittelländischen Meeres gehören.

Der Flächenraum von ganz Europa, mit Ausschluss der Inseln, beträgt hiernach **160,000** □M., während seine Küstenlänge **4300** M. misst. Hieraus ergiebt sich durchschnittlich auf 37 □M. Land 1 M. Strand, daher denn Europa überhaupt der zugänglichste unter allen Erdtheilen ist. Allein diese Küstenlänge ist nach verschiedenen Richtungen hin sehr ungleich vertheilt; denn es kommen an der Nordseite auf die Küsten des Polarmeeres nur 780 M., dagegen an der Westseite auf die Küsten des Atlantischen Oceans und seiner Meerestheile 1820 M., und an der Südseite auf die Küsten des Mittelländischen Meeres 1700 Meilen. Die Küsten-Entwicklung Europas ist daher nach Westen und Süden viel grösser, als nach Norden.

Was die Gliederung Europas betrifft, so sind an der Nordseite besonders die Halbinsel Kanin zwischen dem Tscheskischen Meerbusen und dem weissen Meere, so wie die Lappländische Halbinsel Kola zwischen dem weissen Meere und dem nördlichen Eismeere zu erwähnen.

Auf der Westseite Europas gegen den Atlantischen Ocean tritt zuvörderst die Scandinavische Halbinsel von 250 Meilen Länge und 60 bis 70 Meilen Breite auf, welche nach Norden mit dem Nordcap auf der Insel Mageröe, nach Süden mit zwei Spitzen, dem Cap Lindesnäs in Norwegen und der Landspitze von Falsterbo in Schonen endigt. Die Westküste Scandinaviens zeigt die Eigenthümlichkeiten eines schroffen Aufsteigens aus dem Meere, einer vielfältigen Zerschnittenheit durch tief landeinwärts dringende Meerbusen, die sogenannten Fjorde, und einer sehr zahlreichen Insel- und Schärenbildung; drei Eigenthümlichkeiten, welche sich in Europa nur noch an der Westküste von Schottland und an den Griechischen Küsten in gleichem Maasse wiederfinden dürften.

So wie sich die Scandinavische Halbinsel von Nord nach Süd, so streckt sich die Jütländische Halbinsel von Süd nach Nord, mit einer Länge von 55 und einer Breite von 7 bis 23 Meilen in das Meer hinaus; aber ihre Küsten sind flach und reich an Sandbänken und Untiefen; ihr ganzer Charakter ist jenem der Scandinavischen Halbinsel durchaus entgegengesetzt.

Fernere Glieder an der Nordwestseite Europas sind die kaum über das Meer hinaufreichende Halbinsel Nordholland, dann die Halbinsel der Normandie im Canale, ein flacher felsiger Vorsprung mit der Spitze des Cap de la Hague, endlich die Halbinsel Bretagne, welche sich 28 M. lang nach Westen in den Ocean hinausstreckt.

Die pyrenäische oder hesperische Halbinsel tritt gleichsam wie ein selbständiger Kopf auf dem Rumpfe des Körpers von Europa auf; sie stellt ein Trapezoid von 100 M. Länge und Breite dar, welches Europa gegen Westen begränzt; das äusserste Abendland, die *Hesperia ultima* des Europäisch-Asiatischen Continentes.

Unter den südlichen Gliedern Europas tritt vor allen die Italische Halbinsel hervor, zwischen dem Meerbusen von Genua und dem Adriatischen Meere, mit einer Ausdehnung von 135 M. in die Länge und 25 M. in die Breite; am südlichen Ende durch den hufeisenförmigen Meerbusen von Tarent in zwei kleinere Halbinseln, Calabrien und Apulien zerfallend, und dort mit dem Cap Spartivento, hier mit dem Cap di Leuca endigend.

Als ein kleines, tief im Adriatischen Meere liegendes Glied ist noch die 10 M. lange Halbinsel Istrien zu merken, zwischen den beiden Meerbusen von Triest und von Quarnero.

Weit wichtiger dagegen ist die Türkisch-Griechische Halbinsel, welche westlich vom Adriatischen und Ionischen Meere, südlich vom Aegäischen Meere und Marmora-Meere, östlich vom Schwarzen Meere begränzt wird, nördlich aber auf 150 M. Länge mit dem Binnenlande zusammenhängt. Ihr Flächenraum beträgt 6300 □M., ihr Küstenumfang 560 M., so dass sich für diese Halbinsel das Verhältniss von Land zu Strand wie 11 : 1 herausstellt. Noch weit auffallender wird aber dieses Verhältniss, wenn man blos auf den südlichsten Theil des ganzen Halbinsellandes, nämlich auf Morea oder den Peloponnes Rücksicht nimmt, indem diese, durch die schmale Landenge von Corinth mit dem übrigen Europa zusammenhängende Halbinsel durch eine Menge von Landzungen und tiefer Buchten so fein gegliedert ist, dass auf 360 □M. Flächeninhalt 130 M. Küstenlänge, oder auf je 3 □M. Land mehr als 1 Meile Strand kommt; ein Verhältniss, welches, vereint mit vielen andern klimatischen und geographischen Verhältnissen vorzugsweise die frühzeitige und hohe Entwicklung der Cultur im Peloponnes begünstigen musste.

Als das letzte Glied am Südrande Europas erscheint im Schwarzen Meere die Halbinsel Krimm oder Taurien, welche nur durch die schmale Landenge von Perekop mit dem nördlichen Festlande verbunden ist und, bei gleichem Flächeninhalte wie Morea, einen noch grösseren Küstenumfang von 140 M. hat; ein Resultat, welches besonders durch die sehr lange aber äusserst schmale Landzunge von Arabat hervorgebracht wird, die allein 30 M. Strandlänge hervorbringt, so dass das Verhältniss günstiger erscheint, als es in der That ist.

§. 93. *Gliederung Asias.*

Während sich Afrika als ein Stamm ohne alle Glieder zeigt, Europa dagegen als ein vielfach gegliederter Erdtheil mit überwiegender Masse der Glieder darstellt, so erscheint Asien nach drei Seiten stark gegliedert, jedoch mit überwiegender Masse des Stammes über die Glieder.

Die Kerngestalt Asias bildet ein grosses Trapezoid, dessen Eckpuncte nach SW. in die Landenge von Suez, nach SO. in den innersten Theil des Meerbusens von Tunkin, nach NO. an das Cap Schelagskoi, und nach NW. in den Karischen Meerbusen fallen. Dieses Continental-Trapezoid Asias hat ungefähr 655,000 □M. Flächeninhalt. An seine Ost- und Südseite heften sich eine Menge Halbinseln und Landvorsprünge

an, welche zusammen 155,000 □M. ausmachen, so dass die Glieder über ein Fünftel des ganzen Erdtheils bilden, dessen Rumpf sonach viermal so viel Fläche hat, als die Summe der Glieder. Der Küstenumfang Asias beträgt aber 7700 Meilen; es kommt daher auf je 105 □M. Land 1 M. Strand; ein Verhältniss, welches beweist, dass Asia zwar weniger als Europa, aber doch weit mehr als Africa gegliedert ist.

Die wichtigsten Glieder Asias sind aber folgende:

1) Auf der Ostseite: unter dem Polarkreise die nach Osten gegen die Behringsstrasse auslaufende Halbinsel der Tschuktschen; die langgestreckte, nach Süden in dem Vorgebirge Lopatka spitz endigende Halbinsel Kamtschatka; der zwischen dem Okhotskischen und gelben Meere nach Südwesten hinaustretende grosse Landvorsprung der Mandschurei mit der nach Süden gestreckten Halbinsel Korea, und endlich der fast halbkreisförmige Landvorsprung Chinas, vom gelben Meere bis nach dem Meerbusen von Tunkin.

2) Auf der Südseite: die Halbinsel Hinterindien, jenseits des Ganges, welche wiederum durch die Meerbusen von Siam und Martaban in drei Theile gespalten wird, deren mittlerer, die schmale langgestreckte Halbinsel von Malacca, bis an die Meerenge von Singapore hinabreicht; die Halbinsel Vorderindien, diesseits des Ganges, ein spitzwinkliges Dreieck, dessen südliche Spitze das Cap Comorin bildet, während die nördliche Grundlinie vom Ganges-Delta bis zum Indus-Delta reicht; und die grosse Halbinsel Arabien, zwischen dem rothen Meere und dem persischen Meerbusen.

3) Auf der Westseite Asias tritt nur die Halbinsel Kleinasien als ein grosser trapezförmiger Vorsprung auf, und allenfalls noch der vom nordwestlichen Theile des Kaukasus gebildete ausspringende Winkel zwischen dem schwarzen Meere und dem Asowschen Meere, indem von letzterem Meere aus bis zum Karischen Meerbusen Asia mit Europa verwachsen ist.

4) Auf der Nordseite endlich ist zwar die Asiatische Küste besonders durch viele weite Strommündungen und durch den Obischen Meerbusen eingeschnitten; auch treten mehre halbinselartige Vorsprünge auf, wie namentlich jener des Nordostcap oder des Cap Sjäwerowostotschnoi; allein im Ganzen erscheint doch die Gliederung daselbst viel unbedeutender, als auf der Ost- und Südseite.

§. 94. *Gliederung Amerikas.*

Amerika oder das Continent der westlichen Hemisphäre, wird nicht mit Unrecht in zwei selbständige Erdtheile gesondert, da die Riesenkette der Andes auf dem Isthmus von Panama bis zu der geringen Höhe von 600 F. herabsinkt, und die Terrainhöhe, zwischen den Zuflüssen des Chagres und Rio Grande, nach den Messungen Morels, nur 21,5 Meter über dem Tiefwasserstande des Stillen Oceans beträgt. Diese bedeutende Depression, verbunden mit der geringen, nur 6 Meilen betragenden Breite des Isthmus dürfte eine Absonderung beider Hälften des Continentes als

selbständiger Erdtheile eben sowohl rechtfertigen, als man die Landenge von Suez zur Absonderung des Erdtheils Africa vom Erdtheile Asia benutzt hat.

Amerika, welches sich von Norden nach Süden über 2000 M. weit erstreckt, zerfällt also in zwei Erdtheile, welche rücksichtlich ihrer Contourformen einen entschiedenen Gegensatz zeigen. Nordamerika stellt nämlich einen vielfältig gegliederten, Südamerika einen einförmig geschlossenen Erdtheil dar, so dass sich beide ungefähr so zu einander verhalten, wie sich der Europäisch-Asiatische Continent zu Afrika verhält.

Lassen wir Grönland, als eine grosse nordöstlich vorliegende Insel, unberücksichtigt, so bestimmt sich die Kerngestalt Nordamerikas als ein Trapezoid, dessen Eckpuncte am Eiscap, in Neu-Braunschweig, in der Apalache-Bai und bei Allerheiligenhafen in Californien liegen. Bei einem Flächenraum von 342000 □M. hat Nordamerika ungefähr 6100 M. Küstenlänge, so dass sich das Verhältniss von Land zu Strand wie 56 : 1 herausstellt.

Die Gliederung dieses Erdtheils ist besonders auf der Nord-, Ost- und Süd-eite sehr auffallend. So streckt sich das grosse trapezoidale Halbinselland von Labrador zwischen der Hudsonsbai und der St. Lorenzbai nach Nordosten hinaus; Neu-Braunschweig wird durch die breite Strommündung des St. Lorenzflusses selbst zu einer Halbinsel, von deren östlicher Spitze die felsige Halbinsel Neuschottland nach SW. ausläuft. Die Küste der Vereinigten Staaten ist von Massachusets über die Halbinsel von Delaware bis gegen Südcarolina hin vielfältig zerschnitten, und endlich streckt sich die grosse Halbinsel Florida nach SSO. in das Meer.

Auf der Westseite bildet, hoch oben im Norden, das Russische Gebiet ein mächtiges Halbinselland, welches nach SW. die langgestreckte Felsenhalbinsel Aläska und zwischen dem Cooksgolf und Prinz-Williams-Sund die kleinere, aber eben so schroffe Halbinsel der Tschugatschen hinaussendet. Vom Eliasberge aus bis nach Astoria ist die Westküste Nordamerikas eben so vielfach zerschnitten, wie an der Ostküste der Vereinigten Staaten. Weiter südlich zieht sich die schmale, 180 M. lange Halbinsel von Californien der Küste ziemlich parallel von Allerheiligenhafen bis zum Vorgebirge St. Lucas.

Aber das mächtigste, längste und für die ganze Stellung des Erdtheils bei weitem das wichtigste Glied ist die grosse halbinselähnliche und selbst wiederum mehrfach gegliederte Landstrecke, welche sich in südöstlicher Richtung von Texas und Sonora aus über Mexico bis nach Panama hinabzieht, in ihrer Mitte die bedeutende Halbinsel von Yucatan nach Norden hinausstreckt, und zwei Mal sehr stark zusammengeschnürt ist, bis sie sich endlich im Isthmus von Panama an die Ländermasse Südamerikas anschliesst.

Südamerika gleicht einem langgestreckten rechtwinkligen Dreieck, dessen eine Kathete von der Landenge von Panama bis an das Cap Roque

in Brasilien etwa 690 M., die andere Kathete von diesem Vorgebirge bis zum Cap Hoorn etwa 850 M., und die Hypotenuse vom Cap Hoorn bis nach Panama etwa 1000 M. lang ist. Südamerika hat auf 321,000 □M. Areal 3400 M. Küstenlänge, woraus sich das Verhältniss von Land zu Strand = 94 : 1 ergiebt.

Die Küste hat zwar zahllose kleinere Einschnitte und Ausschnitte, und übertrifft in dieser Hinsicht Asia; allein grössere, selbständige Glieder zeigen sich nirgends, und Südamerika ist daher, gleichwie Afrika, als ein Stamm ohne Aeste, als ein Rumpf ohne Glieder zu betrachten.

§. 95. *Gliederung Neuhollands und Uebersicht.*

Das Continent von Australien, oder Neuholland, nähert sich durch seine Kleinheit am meisten der Inselnatur, und hat eine sehr einförmige Küstenbegränzung, welche nur auf der Nordseite durch den grossen Meerbusen von Carpentaria und auf der Südseite durch den schmalen Golf Spencer eine wesentliche Gliederung erfährt. Daher stellt dieses kleine Continent eine ziemlich geschlossene und arrondirte Landmasse dar, welche aber desungeachtet bei etwa 138,000 □M. Areal eine Küsten-Entwicklung von 1900 Meilen besitzt, so dass auf etwa 73 □M. Flächeninhalt 1 M. Küstenlänge kommt; ein Verhältniss, welches in dem Dasein vieler kleiner und unbedeutender Ein- und Ausschnitte der Küste seinen Grund hat, und daher günstiger erscheint, als es wirklich ist.

Ueberblicken wir nun nochmals die wichtigsten Erdtheile unseres Planeten, so haben wir drei südliche Erdtheile, nämlich Afrika, Südamerika und Neuholland, und drei nördliche Erdtheile, nämlich Asia, Europa und Nordamerika zu unterscheiden*).

Die drei südlichen Erdtheile haben im Ganzen geschlossene Contourformen, ohne bedeutende Küstengliederung; doch nimmt solche von Osten nach Westen hin zu; denn das Verhältniss des Flächenraumes zur Küstenlänge ist:

für	Afrika	=	152 : 1
-	Südamerika	=	94 : 1
-	Neuholland	=	73 : 1

Das Vorherrschen des Rumpfes über die Glieder, welches in Afrika sein Maximum erreicht, vermindert sich also in Südamerika auf 3/5 und in Neuholland bis auf die Hälfte. Doch sind es in Südamerika wie in Neuholland nicht sowohl grössere und selbständige Glieder, keine grossen

*) Grönland und die Südpolarländer sind nach ihren Formen und Dimensionen noch zu wenig bekannt, als dass sie bei diesen Betrachtungen in Rücksicht kommen könnten.

Halbinselländer, keine tiefen Meeresbusen, sondern vielmehr zahllose kleinere Ein- und Ausschnitte, welche die grössere Küsten-Entwicklung dieser Erdtheile bedingen.

Die drei nördlichen Erdtheile dagegen zeigen eine, durch grosse selbständige Halbinseln und tief eindringende Meeresbusen vermittelte Gliederung, welche nur an dem Nordrande Asias und an dem Westrande Nordamerikas unbedeutender erscheint, ausserdem aber eine grosse Küsten-Entwicklung zur Folge hat. Es ist nämlich das Verhältniss des Flächenraums zur Küstenlänge:

für Europa	=	37:1
- Nordamerika	=	56:1
- Asia	=	105:1

Europa ist also anderthalb Mal so stark gegliedert als Nordamerika, und fast dreimal so stark als Asia; die Gliederung nimmt von Europa aus nach Westen hin ab, und erreicht in Europa selbst den höchsten Grad in der Halbinsel Morea.

§. 96. *Von den Inseln.*

Bei den Inseln sind nicht nur die Formen und Dimensionen, sondern auch die Art und Weise ihres Auftretens, und ihre Stellung zu den Continenten zu berücksichtigen.

Nach ihrer allgemeinen Contourform lassen sich die Inseln mit Leopold v. *Buch* als langgestreckte und als rundliche Inseln unterscheiden. Nach der Art ihres Auftretens kommen sie entweder isolirt, oder zu Inselsystemen vereinigt vor, welches letztere bei weitem der gewöhnlichere Fall ist. Die Inselsysteme erscheinen reihenförmig, als Inselketten, oder haufenförmig (cycladisch) als Inselgruppen; in den ersteren sind die Inseln längs einer geraden oder krummen Linie, in den anderen um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct, oder auch ohne alle Regel um und neben einander geordnet. Rücksichtlich ihrer Stellung zu den Continenten unterscheidet man Gestade-Inseln und oceanische Inseln*). Die Gestade-Inseln oder Küsten-Inseln liegen so dicht an den Küsten der Continente, und sind mit dem benachbarten Festlande so nahe verwandt, dass man sie nur als losgetrennte Glieder desselben betrachten kann. Dergleichen sind z. B. Grossbritannien, die dänischen Inseln und Sicilien für Europa; Ceylon, Hainan und Tarakai für Asia; Neu-

*) Continental-Inseln und pelagische Inseln, wie sie Fr. Hoffmann nannte; Physikalische Geographie, S. 105 und 110.

fundland und Feuerland für Amerika; Vandiemensland für Neuholland. Die oceanischen Inseln liegen fern von den Küsten der Continente und stehen mit denselben in keiner unmittelbaren Beziehung.

Die langgestreckten Inseln haben eine entschiedene und oft sehr vorwaltende Längen-Dimension, sind meist ziemlich geradlinig ausgedehnt (Euböa, Candia, Madagaskar, Sumatra, Tarakai), treten aber nur selten einzeln, meist gesellig, in grösserer oder geringerer Anzahl beisammen auf, indem sie gewöhnlich reihenförmige Systeme oder Inselketten bilden, bei welchen die längeren Axen der einzelnen Inseln mehr oder weniger genau in die Richtung der Reihungslinie fallen. Viele langgestreckte Inseln erscheinen als Gestade-Inseln in der eigentlichsten Bedeutung des Wortes, indem sie ganz nahe an der Küste eines Continentes, in einer der Küstenlinie parallelen Lage und Richtung auftreten; so z. B. die Inseln an der Nordküste Hollands und Ostfrieslands, die Inseln an den Küsten Dalmatiens, die Ionischen Inseln, die Inseln an der Westküste Patagoniens, u. a. Die rundlichen Inseln haben keine sehr vorwaltende Längen-Dimension, sind nicht selten ziemlich kreisförmig contourirt, und erscheinen theils sporadisch, theils zu Gruppen und Ketten vereinigt. In der Regel sind sie entweder vulcanische Inseln oder Coralleninseln, also pyrogene oder zoogene Bildungen, von welchen jene als hohe, diese als niedrige Inseln erscheinen.

Die Inselketten bilden nicht selten die insulare Fortsetzung einer langgestreckten Halbinsel des continentalen Landes, indem ihr Anfang an der äussersten Spitze der Halbinsel liegt, und ihre Reihungslinie in die verlängerte Axe derselben fällt. Oft schliessen sich auch dergleichen Inselketten mit beiden Enden an die Küsten des benachbarten Continentes an, wodurch grössere oder kleinere Theile des Meeres zu einer unvollständigen Absonderung von dem übrigen Meere gelangen.

Diese Erscheinung findet sich z. B. im Mittelländischen Meere zwischen der Südspitze Griechenlands und dem Cap Volpe in Kleinasien, welche durch die Inseln Cerigo, Candia, Caso, Scarpanto und Rhodos verbunden werden, deren Kette die südliche Gränze des Meeres von Candia bildet. Weit ausgezeichneter und in viel grösserem Maassstabe wiederholt sich dieselbe Erscheinung in den Aleuten, welche das Behringsmeer, in den Japanischen Inseln Kiusiu, Nifon, Jeso und Tarakai, welche das Japanische Meer, in den Kurilen, welche zugleich mit Jeso und Tarakai das Okhozkische Meer, in den grossen und kleinen Antillen, welche das Caribische Meer abschliessen.

Was die oceanischen Inseln betrifft, so ist besonders der grosse Ocean in dem, südöstlich von Asia, nordöstlich von Neuholland und Neuseeland gelegenen Raume am reichsten mit dergleichen Inseln ausgestattet. Dort treten die Inseln in so ausserordentlicher Menge auf, dass der

Name Polynesien mit Recht für diese Inselwelt gebraucht wird, welche uns das grossartigste Beispiel der Zerstückelung und Dismembration der Landoberfläche unseres Planeten liefert; ein Beispiel, welches sich, wenn auch in kleinerem Maassstabe, so doch in ähnlicher Weise zwischen Nord- und Südamerika, in dem Archipelagus der grossen und kleinen Antillen und den Lucayischen Inseln wiederholt.

§. 97. *Theoretische Ansichten über die Contourformen der Länder.*

An die Betrachtung der Contourformen des Landes mag sich schliesslich die Erwähnung einiger Versuche knüpfen, die allgemeine Ausdehnung und Begränzung der Continente auf bestimmte Gesetze zurückzuführen, oder aus gewissen allgemeinen Ursachen zu erklären.

Im Jahre 1823 trat Klöden mit einer ganz eigenthümlichen Theorie der Erdgestaltung auf, welche er auch einige Jahre darauf abermals in einer erweiterten und verbesserten Bearbeitung veröffentlichte*). Von der Voraussetzung ausgehend, dass die ursprünglich flüssige Erdkugel anfangs gar keine Rotationsbewegung hatte, folgert er, dass sie, kraft der Anziehung des Mondes und der Sonne, eine eiförmige Gestalt annehmen musste. Nach der Erstarrung war sie von einer ähnlich gestalteten Wasserhülle umgeben, bis später um eine (durch die Behringsstrasse gehende) Axe eine Rotation eintrat, deren Geschwindigkeit jedoch weit geringer war, als gegenwärtig. Indem nun durch diese Bewegung die, der Anziehung des Mondes und der Sonne folgende eiförmige Wasserhülle in eine verschiedene Lage gegen das starre Ei gebracht wurde, mussten die convexeren Theile des letzteren über der Oberfläche des Wassers hervortreten, wodurch der erste Grund zu den beiden grossen Continenten der östlichen und westlichen Hemisphäre gelegt wurde. Später steigerte sich die Rotations-Geschwindigkeit bis zu ihrer gegenwärtigen Grösse, auch trat eine Aenderung der Erdaxe ein, und dadurch wurde wesentlich die jetzige Vertheilung von Land und Meer herbeigeführt. Ausser vielen anderen Erscheinungen sucht Klöden nicht nur das Dasein zweier grosser Continente, sondern auch die nordsüdwärts langgestreckte, die nach Norden ausgebreitete und nach Süden verschmälerte Form derselben durch diese hier kurz angedeutete Theorie zu erklären.

*) Karl Friedrich Klöden, Grundlinien zu einer neuen Theorie der Erdgestaltung, Berlin 1823, und: Ueber die Gestalt und die Urgeschichte der Erde, Berlin 1829.

Aehnliche Betrachtungen über denselben Gegenstand gab Al. Walker*) im Jahre 1833. Er glaubt aus der Rotation der Erde und aus denen dadurch hervorgerufenen Wirkungen der Centrifugalkraft nicht nur die Längen-Ausdehnung der Continente, Halbinseln und Inseln, sondern auch die Richtung der meisten Gebirgsketten, ja sogar die vorwaltend westliche Richtung der Völkerwanderungen und das gleichsinnige Fortschreiten der Cultur und Civilisation erklären zu können.

In der jüngsten Zeit hat Streffleur die Idee sehr ausführlich zu entwickeln gesucht, dass die Form, Richtung und Vertheilung der Continente und Gebirge aus der Rotation der Erde unter Mitwirkung des Wassers zu erklären sei**). Indem nämlich das uranfängliche Meer durch die Rotation in Bewegung gesetzt wurde, bildete dasselbe Strömungen von bestimmten Richtungen; zwischen denen diesen Strömungen entsprechenden Stromfurchen aber wurde das feste Material nach bestimmten Richtungen und an bestimmten Orten abgesetzt, und so die Bildung des Landes überhaupt vermittelt, dessen besondere Configuration durch Hemmungen oder auch durch Vereinigungen der Rotationsströme erklärt werden soll.

Im Jahre 1830 machte Necker auf gewisse Uebereinstimmungen aufmerksam, welche zwischen dem Laufe der isodynamischen Linien des Erdmagnetismus und der Vertheilung, Ausdehnung und Configuration der Continente Statt zu finden scheinen; auch suchte er dieselben Linien mit dem Verlaufe der Gebirgsketten und mit anderen geotektonischen Verhältnissen in Beziehung zu bringen***). Dana, dessen Ansichten über die Normal-Richtungen im Verlaufe der Küstenlinien wir oben (S. 316) erwähnt haben, ist ebenfalls geneigt, einen Zusammenhang zwischen den isodynamischen Linien und den Contouren der Continente anzunehmen, weil nach Brewster jene Linien in ihrem Verlaufe einigermaassen mit den isothermen Linien zusammenfallen, und sich daher als Linien von gleicher Spannung (*lines of equal tension*) zu erkennen geben, nach welchen die Zerreissung der Erdkruste am leichtesten erfolgen musste†).

*) Im *London and Edinburgh Philos. Magazine, vol. III, p.* 426.

**) Streffleur, Die Entstehung der Continente und Gebirge. Wien, 1847; besonders der vierte Abschnitt, S. 71—153.

***) *Bibliotheque universelle, t.* 43, *p.* 166 ff.

†) *The American Journal,* 2. *ser., vol.* 3, *p.* 394. Der Verf. gesteht freilich zu, dass es viele und scheinbar ganz unvereinbare Ausnahmen von der vorausgesetzten Coincidenz giebt, deutet aber darauf hin, dass die Erdaxe früher eine andere Richtung gehabt haben könne, und daraus manche Abweichungen zu erklären sein dürften.

Im Jahre 1844 stellte Pissis die Ansicht auf, dass die Continente in ihren allgemeinsten Contourformen sphärische Polygone, das heisst solche Polygone darstellen, deren Seiten Bogen von lauter grössten Kreisen der Erdkugel sind*) Bei weiterer Verfolgung dieser Ansicht gelangt er auf das allgemeine Resultat, dass alle grösseren Küstenlinien der Continente ihrer Lage nach überhaupt durch 15 grösste Kreise bestimmt werden, welche sich zu 3 oder mehren in vier verschiedenen Puncten schneiden. Den einen dieser Intersectionspuncte von 6 Kreisen verlegt er in den Eingang der Strasse von Gibraltar, und die von ihm ausgehenden Kreise sollen die Richtung aller benachbarten Küstenlinien Europas und Afrikas bestimmen. Einen zweiten Intersectionspunct von 4 Kreisen findet er an der Südspitze Ostindiens; einen dritten am Vorgebirge der guten Hoffnung, und den vierten im Eismeere zwischen Grönland und Island. — Wie interessant dergleichen geometrische Combinationen auf den ersten Blick erscheinen mögen, so kann man ihnen doch wohl keine allgemeine Giltigkeit zuschreiben; diess folgt schon daraus, weil viele und sehr bedeutende Küstenlinien nur die Ränder grosser Diluvial-Ebenen sind, von welchen sich in der That nicht begreifen lässt, wie sie mit grössten Kreisen der Erdkugel in irgend einem nothwendigen Zusammenhange stehen sollen.

2) Relief-Formen des Landes.

A. Allgemeine Bestimmungen.

§. 98. *Höhen*, *Volumen und Profile des Landes.*

Das über den Meeresspiegel hervortauchende Land dehnt sich mit sehr verschiedenen Verhältnissen des Ansteigens über grössere und kleinere Räume aus, und entwickelt dabei eine grosse Manchfaltigkeit der Reliefbildung oder Oberflächen-Gestaltung. Diese Manchfaltigkeit beruht theils auf den absoluten Grössenwerthen theils auf den Schwankungen seiner verticalen Dimensionen, theils auf den Verhältnissen zwischen ihnen und den horizontalen Dimensionen.

Die ideale Verlängerung des Meeresspiegels, wie solcher unter dem Lande fortsetzen würde, liefert die eigentliche Grundfläche, von welcher aus die verticalen Dimensionen sowohl des Landes als auch des

*) *Comptes rendus, t. XIX*, 1844, *p.* 1392 ff.

Meeresgrundes gerechnet werden; sie bildet gleichsam den allgemeinen Nullpunct für die Scala aller unsrer Höhen- und Tiefen-Bestimmungen. Ja gewissermaassen bezieht sich das ganze System unsrer geographischen Ortsbestimmungen auf den Meeresspiegel, welcher uns theils in seiner realen Ausbreitung, theils in seiner idealen Verlängerung, die rings um den Erdball fortlaufende ellipsoidische Oberfläche darbietet, in welcher für jeden Punct die Coordinaten der geographischen Breite und Länge, und über oder unter welcher die Coordinaten der Höhe oder Tiefe bestimmt werden.

Die in Bezug auf den Meeresspiegel bestimmte Höhe eines Punctes oder eines ganzen Landstriches wird daher auch die absolute Höhe desselben genannt, während die relative Höhe auf irgend ein anderes Niveau, gewöhnlich auf das mittlere Niveau der nächsten Umgegend, bezogen wird. Die Höhe, welche ein isolirter Berg oder Hügel, gleichsam als ein topographisches Individuum, über der Fläche erreicht, welcher er aufgesetzt ist, kann man seine eigenthümliche oder individuelle Höhe nennen*).

Die Oberfläche eines Landstriches ist die Fläche, welche er der Atmosphäre zukehrt; die Grundfläche desselben ist die durch seine Gränzen bestimmte Horizontalprojection auf die Fläche des Meeresspiegels; die durch seine Gränzen gedachten Verticalflächen, oder die projicirenden Flächen dieser Gränzen, lassen sich als die idealen Randflächen oder als die Gränz-Profilflächen bezeichnen, welche natürlich da gar nicht vorhanden sind, wo die Gränzen von Meeresküsten gebildet werden. Unter dem Volumen eines Landstriches von bestimmten Gränzen verstehen wir denjenigen Raum, welcher aufwärts von seiner Oberfläche, abwärts von seiner Grundfläche, seitwärts von seinen Randflächen begränzt wird.

Ein sehr wichtiges Element bei der Bestimmung der Reliefformen eines Landstriches ist die mittlere Höhe desselben; man versteht darunter diejenige Höhe, welche er in seiner ganzen Ausdehnung haben würde, wenn sein Volumen gleichmässig über seiner Grundfläche ausgebreitet wäre. Die mittlere Höhe ist also, theoretisch streng genommen, der Quotient des Volumens, dividirt durch die Grundfläche, wofür in der Praxis die Summe möglichst vieler Specialhöhen, dividirt durch

*) Alle in der Folge aufgeführten Höhen sind in Pariser Fuss ausgedrückt, sobald nicht ein anderes Maass angegeben wird. Der Logarithmus einer gegebenen Zahl von Metern ist um 0,48833 zu vergrössern, und der Logarithmus einer gegebenen Zahl von Englischen Fuss um 0,02771 zu vermindern, um den Logarithmus der entsprechenden Zahl von Pariser Fuss zu erhalten.

die Anzahl derselben substituirt werden muss, weil dem ersteren Begriffe nur annäherungsweise entsprochen werden kann.

Das Profil eines Landstriches ist die Durchschnittslinie seiner Oberfläche mit irgend einer Verticalebene; nach der verschiedenen Richtung, welche diese Ebene haben kann, ergeben sich verschiedene Profile, und die Horizontallinie, welche solche Richtung bestimmt, heisst die Profillinie. Die Profile werden auf ein bestimmtes Niveau, gewöhnlich auf die Fläche des Meeresspiegels oder auf die Horizontalfläche irgend eines andern bekannten Punctes bezogen; die Durchschnittslinie dieser Fläche mit der Profil-Ebene nennt man die Profilbasis. Alle diese Benennungen gehen auf die im verjüngten Maassstabe ausgeführten bildlichen Darstellungen der Profile über, in welchen, wegen des deutlicheren und bestimmteren Hervortretens der Höhenverhältnisse, der Höhenmaassstab gewöhnlich grösser als der Maassstab der horizontalen Längen genommen wird, zumal wenn sich das Profil durch bedeutende Landstriche erstreckt und sein Bild nur auf einem sehr kleinen Raume dargestellt werden kann.

§. 99. *Mittlere Höhe der Continente.*

Die Bestimmung der mittleren Höhe grösserer Landstriche wird um so genauer Statt finden können, je grösser die Anzahl von Specialhöhen ist, welche dabei zu Grunde gelegt werden, und je zweckmässiger die Lage derjenigen Puncte ist, deren Höhen gemessen wurden. So fand z. B. von Hoff aus einer sehr grossen Anzahl von Beobachtungen in Thüringen, dass die mittlere Höhe dieses Landstriches etwa zu 1000 F. veranschlagt werden kann.

Ganz allgemein ist dieselbe Aufgabe von Al. von Humboldt in Angriff genommen worden, indem er die mittlere Höhe der Continente zu berechnen versuchte*). Dabei wird die mittlere Höhe der Tiefländer jedes Continentes als eine Basis betrachtet, welcher die Gebirge und Plateaus aufgesetzt sind; die ersteren werden als liegende dreiseitige Prismen, die letzteren als Tafeln mit paralleler Ober- und Unterfläche in Rechnung gebracht. Die mittlere Höhe des gesammten Tieflandes z. B. von Frankreich beträgt 480 Fuss. Stellen wir uns nun vor, die Kette der Pyrenäen werde gleichmässig über den Flächenraum von ganz Frankreich ausgebreitet, so würde diess eine Erhöhung des Mittel-Niveaus um

*) Central-Asien, I, S. 120 ff.

108 F. geben. Denselben Effect erhalten wir durch Ausbreitung der Plateaus der Auvergne, des Limousin, der Cevennen, des Forez, des Morvan und der Côte d'Or; wogegen die französischen Alpen, der Jura und die Vogesen zusammen eine Erhöhung von 120 F. liefern würden. Die Gesammthöhe der aus allen Gebirgen und Plateaus gebildeten Schicht würde also 336 F. betragen; rechnet man dazu die mittlere Höhe der Ebenen, über welchen diese Schicht ausgebreitet gedacht wird, so ergiebt sich die mittlere Höhe von ganz Frankreich zu 816 Fuss. Auf ähnliche Weise hat Humboldt versucht, die mittlere Höhe der vier, am genauesten bekannten Continente zu berechnen, und ist dadurch zu dem Resultate gelangt, dass solche

für Europa	zu	630 F.
- Asia	-	1080 -
- Nordamerika	-	702 -
- Südamerika	-	1062 -

angenommen werden kann. Unter Berücksichtigung ihres Areales findet er endlich die mittlere Höhe aller dieser vier Continente zusammen = 947 F., ein Resultat, welches weit hinter der Annahme von La Place zurückbleibt, dass das Maximum der mittleren Höhe aller Continente auf 1000 Meter oder 3078 F. zu veranschlagen sei.

§. 100. *Hochland und Tiefland.*

Der allgemeinste Unterschied in der Reliefbildung des Landes gründet sich auf die verschiedene mittlere Höhe desselben; es ist derjenige, welcher durch die beiden Worte Hochland und Tiefland ausgedrückt wird.

Unter Hochländern versteht man weit ausgedehnte Landstriche, welche in ihrer Gesammt-Ausdehnung eine bedeutende mittlere Höhe haben; unter Tiefländern dagegen weit ausgedehnte Landstriche, welche in ihrer Gesammt-Ausdehnung eine sehr geringe mittlere Höhe haben. Absolute Maassbestimmungen lassen sich nicht füglich festsetzen, so wenig, als überall die Gränze scharf angegeben werden kann, wo ein Hochland in ein benachbartes Tiefland übergeht.

Die Tiefländer oder Niederungen beginnen in der Regel unmittelbar an den Küsten des Meeres, von welchen aus sie sich mit sehr geringem Ansteigen in das Innere der Continente erstrecken. Doch können sie, bei ihrer oft mehre 100 Meilen betragenden Ausdehnung, selbst mit dem allmäligsten Ansteigen, zuletzt gegen 1000 F. Höhe erreichen, wie denn

auch das höhere Aufragen einzelner Puncte oder Gegenden den Charakter eines Tieflandes zwar local verändern, aber nicht total verwischen kann.

Indessen giebt es auch einige Tiefländer, welche nicht bis an die Meeresküste reichen, sondern mitten im Lande liegen, und von Gebirgen eingeschlossen werden, daher man sie Binnen-Tiefländer nennen kann. Zu ihnen gehören z. B. in Europa das 60 M. lange und 40 M. breite Nieder-Ungarische Tiefland, und das 36 M. lange und 5 bis 6 M. breite Ober-Rheinische Tiefland.

Die Hochländer erheben sich oft unmittelbar aus dem Meere, zeigen dann sogleich ein starkes Ansteigen, und erreichen zum Theil sehr bedeutende horizontale Dimensionen, wie z. B. in Europa das 125 M. lange Hochland der Alpen, und das 240 M. lange Hochland Scandinaviens. Weit colossaler sind jedoch die Hochländer Mittelasiens, Südafrikas und des westlichen Nordamerika, welche die grossartigsten Beispiele der Hochlandbildung darstellen.

§. 101. *Flachland und Bergland; Gebirgsländer und Plateauländer.*

Während der im vorigen §. erläuterte Gegensatz des Hochlandes und Tieflandes hauptsächlich auf dem Unterschiede der mittleren absoluten Höhen beruht, so wird dagegen die Oberflächengestaltung eines Landstriches, die vorwaltende Einförmigkeit oder Manchfaltigkeit seiner Reliefbildung, durch die Verhältnisse der Specialhöhen, oder durch die relativen Höhen seiner einzelnen Puncte bestimmt. Diese Verhältnisse führen auf den wichtigen Unterschied des Flachlandes oder der Ebene, und des Berglandes*).

In dem Flachlande oder der Ebene herrscht eine auffallende Gleichmässigkeit der Specialhöhen, welche alle in einer und derselben Gegend fast gleich gross sind, von einer Gegend zur andern aber nur sehr wenig und ganz allmälig ab- oder zunehmen. In dem Berglande dagegen herrscht eine grosse Ungleichmässigkeit der Specialhöhen, welche einem

*) Der Ausdruck Wellenland würde jedenfalls noch zweckmässiger sein, da die Wellen niedrig und hoch geben, sanft und steil ansteigen, ja sogar sich überstürzen können, so dass jener Ausdruck die sanften Anschwellungen des Tieflandes eben so wohl in sich begreifen würde, als die zackigen Formen der Alpen. Man hat sich jedoch gewöhnt, unter Wellenformen des Terrains mehr die sanfteren Elevationen und Depressionen zu verstehen. Auf der anderen Seite ist auch der Ausdruck Bergland in dieser Allgemeinheit nicht ganz zweckmässig, weil er gewöhnlich in der specielleren Bedeutung genommen wird, wie es weiter unten in §. 120 angegeben ist.

sehr vielfachen und immer wiederkehrenden Wechsel unterworfen sind. Die allgemeine Form der Ebene nähert sich daher der einer horizontalen, stetig ausgedehnten Fläche, während das Bergland durch eine beständige Abwechslung von hohen und tiefen Puncten, von aufwärts und abwärts geneigten Flächen charakterisirt wird.

Die Tiefländer sind in der Regel auch Flachländer, und zeigen die Formen des Berglandes nur hier und da in kleinerem Maassstabe, als Hügelland und welliges Land.

Die Hochländer aber lassen einen zweifachen Formentypus erkennen. Einige Hochlandstrecken zeigen in ihrer allgemeinen Ausdehnung den Charakter der Ebene oder des Flachlandes; man nennt sie daher Hochebenen oder Plateauländer, bisweilen auch Tafelländer. Andere Hochlandstrecken dagegen tragen den Charakter des Berglandes, und werden Gebirgsländer genannt. Plateauland und Gebirgsland sind die eigentlichen Elemente, aus denen sich die grösseren Hochlandsysteme zusammengesetzt erweisen, und es ist daher wichtig, die Verschiedenheit ihrer Formen recht genau zu erfassen.

Die Plateauländer sind solche Hochländer, welche sich weit und breit mit einer ziemlich gleichmässigen Höhe ausdehnen; sie erscheinen als stetige und geschlossene Erhebungen des Landes, als Anschwellungen der Erdoberfläche von sehr gleichem und fast constantem Niveau, mit flachen, beinahe horizontalen Terrainformen. Die Gebirgsländer dagegen sind solche Hochländer, welche sehr ungleichmässige Höhen und folglich einen beständigen Wechsel von Erhebungen und Vertiefungen zeigen; sie erscheinen daher als unstetige und in verticaler Richtung vielfach gegliederte Erhebungen des Landes, als Anschwellungen der Erdoberfläche von sehr ungleichem und rasch wechselndem Niveau, mit schroffen oder doch stark undulirten Terrainformen.

Beständige Abwechslung der Specialhöhen, und grosse Differenzen derselben innerhalb kleiner Distanzen charakterisiren also die Gebirgsländer, wogegen Gleichmässigkeit der Specialhöhen, und kleine Differenzen derselben innerhalb grosser Distanzen die Plateauländer charakterisiren. Hoch aufragende Gipfel und Höhenzüge sind dem eigentlichen Plateaulande fremd, während die Gebirgsländer ganze Systeme solcher Gipfel und Höhenzüge darstellen.

Dieser Unterschied in der Plastik der Hochländer tritt besonders in den Profilen derselben sehr anschaulich hervor; wie denn überhaupt die Reliefformen des Landes am sichersten und deutlichsten in seinen Profilen erfasst und dargestellt werden können. Die Profile eines Plateaulandes werden einen sehr stetigen, fast geradlinigen und horizontalen Verlauf, mit wenigen und

nur unbedeutenden Inflexionen zeigen, wogegen die Profile eines Gebirgslandes einen stark undulirten oder gebrochenen Verlauf, mit zahlreichen und bedeutenden Inflexionen erkennen lassen.

§. 102. *Neigungsverhältnisse des steigenden und fallenden Terrains.*

Das Bergland, als Gegentheil der Ebene, ist nach dem vorhergehenden §. durch den beständigen Wechsel von auf- und absteigenden, überhaupt von geneigten Flächen ausgezeichnet, in deren Dasein eigentlich die Möglichkeit einer jeden Convexität oder Concavität der Erdoberfläche begründet ist. Es wird also nicht unpassend sein, hier eine allgemeine Betrachtung über die Neigungsverhältnisse oder Böschungen des Terrains einzuschalten.

Die Böschung oder das Ansteigen geneigter Terrainflächen wird entweder durch die Angabe des Neigungswinkels, oder durch die Angabe des Neigungsquotienten bestimmt, welcher letztere als ein Bruch ausgedrückt wird, dessen Zähler = 1, und dessen Nenner die der Cotangente des Neigungswinkels entsprechende Zahl ist. So entspricht z. B. dem Neigungswinkel 6° 20′ der Neigungsquotient $1/9$, welcher aussagt, dass die Neigungslinie der Fläche auf 9 Fuss ihrer Horizontalprojection 1 Fuss hoch ansteigt. Diese Bestimmung durch Neigungsquotienten wird nur bei kleineren Neigungen angewendet, und findet ihre Gränze bei 45°.

Horizontale, oder doch fast horizontale Flächen, als das eine Extrem, finden sich häufig und in grosser Ausdehnung im Gebiete mancher Flachländer. Verticale Flächen dagegen, als das andere Extrem, gehören zu den minder häufigen Erscheinungen, und treten auch da wo sie vorkommen nur in geringerer horizontaler und verticaler Ausdehnung auf. Die Meeresküsten und die Terrassenstufen des Tief- und Hochlandes zeigen bisweilen fast senkrechte Abstürze; auch manche Thäler, besonders in solchen Landstrichen, welche von horizontalen Schichten fester Gesteine gebildet werden, so wie zuweilen einzelne Berge, werden wenigstens stellenweise von senkrechten oder fast senkrechten Wänden begränzt. In seltenen Fällen überschreiten wohl auch einzelne Felswände dieses zweite Extrem, indem sie sogar überhängen, also, einwärts gegen den Berg gemessen, mit der horizontalen Basis einen Winkel von mehr als 90° bilden.

Zwischen den beiden Extremen von 0° und 90° Neigung kommen nun alle möglichen Böschungswinkel vor; allein die kleineren Winkel zwischen 0° und 30° sind bei Weitem häufiger, als die grösseren Win-

kel über 30°. Indessen drängt sich bei der Beurtheilung der Terrain-Neigung eine optische Täuschung ein, welche in den meisten Fällen eine Ueberschätzung derselben zur Folge hat.

Die unmittelbare Wahrnehmung lässt nämlich eine geneigte Fläche nur dann nach ihrer wahren Neigung erkennen, wenn sie sich dem Auge im Profil darstellt. Wenn man dagegen vor einem Abhange steht, und ihn in der Richtung seines Fallens oder Steigens betrachtet, so wird die Länge desselben eine perspectivische Verkürzung erfahren, wodurch seine Steilheit grösser erscheint, als sie wirklich ist. Diese Ueberschätzung des Steilheitsgrades wird aus leicht begreiflichen Gründen in grösserem Maasse Statt finden, wenn der Abhang von oben nach unten, als wenn er von unten nach oben betrachtet wird; daher erscheint uns auch ein und derselbe Bergabhang beim Hinabsteigen etwas steiler, als beim Hinaufsteigen.

Elie de Beaumont hat (im vierten Theile der *Mémoires pour servir à une description géologique de la France*) mehre Tabellen mitgetheilt, in welchen sehr verschiedene Böschungen zusammengestellt sind; wir entlehnen daraus folgende Beispiele:

Dem Auge kaum bemerkbare Neigung . . .	0° 10′	oder	$^1/_{344}$
Für das Auge schon sehr merkliche Neigung . .	0° 20′	-	$^1/_{172}$
Grösste Neigung der Eisenbahn von Liverpool nach Manchester	0° 36′	-	$^1/_{96}$
Schiefe Ebene der Edinburgh-Glasgow Eisenbahn *)	1° 22′	-	$^1/_{42}$
Grösste, bei den Hauptstrassen in Frankreich erlaubte Neigung	2° 52′	-	$^1/_{20}$
Grösste Neigung der Strasse über den Mont Cenis	4° 0′	-	$^1/_{14,3}$
Grösste Neigung der Simplonstrasse	5° 43′	-	$^1/_{10}$
Neigung, welche für Fuhrwerk bergab schon gefährlich ist	9° 10′	-	$^1/_{6,2}$
Gränze der Neigung für Fuhrwerk	13° 0′	-	$^1/_{4,33}$
Grösste Neigung einer mit Steinplatten belegten Fläche, auf welcher man noch sicher auf und nieder gehen kann	25° 0′	-	$^1/_{2,14}$
Neigung einer Treppe, deren Stufen doppelt so breit als hoch sind	26° 34′	-	$^1/_2$
Grösste Neigung, auf welcher ein beladenes Maulthier gehen kann	29° 0′	-	$^1/_{1,8}$

*) Bei Cowlairs; sie wurde einige Jahre mit Locomotiven befahren, deren Triebräder jedoch leicht zum Gleiten gelangten, daher sie jetzt durch stehende Maschinen überwunden wird.

Neigung eines Fussweges, der auf festem Boden schwer zu ersteigen ist 31° 0′ oder $^1/_{1{,}66}$
Neigung eines schon sehr schwer zu erklimmenden berasten Abhanges 35° 0′ - $^1/_{1{,}43}$
Neigung eines fast unersteiglichen Abhanges . . 37° 0′ - $^1/_{1{,}33}$

Die Neigung der meisten Flüsse beträgt in ihrem Unterlaufe nur einige Secunden, in ihrem Mittellaufe einige Minuten, und nur die wildesten, fast kataraktenähnlich herabstürzenden Bergströme haben ein Gefälle von 1 bis 2 Grad und darüber.

B. Von den Gebirgen.

§. 103. *Begriff des Gebirges.*

Die Gebirgsländer bestehen aus Gebirgen, welche nach verschiedenen Richtungen und auf verschiedene Weise an einander gereiht, und sonach als die eigentlichen Hauptglieder eines jeden Gebirgslandes zu betrachten sind. Wir haben uns daher mit dem Begriffe und mit den mancherlei Verhältnissen dieser wichtigen Reliefformen der Erdoberfläche ausführlich zu beschäftigen.

Ein Gebirge ist eine in verticaler Richtung vielfach gegliederte, aber in sich zusammenhängende, durch eine bestimmte Wasserscheide charakterisirte Erhebung des Landes von bedeutenden horizontalen Dimensionen und bedeutenden aber sehr ungleichmässigen absoluten Höhen*).

Der Begriff einer sowohl in horizontaler als verticaler Richtung bedeutend ausgedehnten Anschwellung der Erdoberfläche bildet die eigentliche Grundlage dieser Definition. Was nun aber bedeutend, und was unbedeutend sei, darüber lässt sich keine absolute Zahlbestimmung geben; vielmehr liegt es in der Natur der Sache, dass dieses quantitative, die Maassgrösse des Gegenstandes betreffende Prädicat schwankend und unbestimmt gelassen werden muss. Indessen dürfte es doch nur wenige Gebirge geben, deren Länge unter 5 Meilen, und deren Höhe unter

*) Bei der Betrachtung dieser specielleren Reliefformen ist hier ein dem gewöhnlichen Wege entgegengesetzter Weg versucht worden, indem nicht von dem Begriffe des einzelnen Berges, sondern von dem des Gebirges ausgegangen wird. Denn die Natur hat die Gebirge keineswegs aus Bergen zusammengehäuft, sondern sie hat gerade umgekehrt die Berge aus den Gebirgen herausgearbeitet, sofern es nicht aufgesetzte Kuppen sind, wie die Vulcane und gewisse Berge plutonischer Gesteine.

1500 Fuss beträgt. Daher werden auch die Gebirge stets von festem Gestein oder Felsgrund gebildet, indem lose, unzusammenhängende Massen niemals zu solchen Höhen aufragen*).

Ein Gebirge ist aber eine in sich zusammenhängende, d. h. eine solche Anschwellung der Erdoberfläche, in welcher keine auffallenden Unterbrechungen durch Tieflandstrecken vorkommen; der Körper eines und desselben Gebirges kann zwar vielfältig eingeschnitten, darf aber nirgends in bedeutender Breite bis auf grosse Tiefe durchschnitten sein. Diese Continuität oder Stetigkeit der Massen eines Gebirgskörpers ist es vorzüglich, wodurch sich die Gebirge vom gewöhnlichen Berglande unterscheiden. Sie ist es auch, welche in der Regel das Vorhandensein einer stetig fortlaufenden Wasserscheide bedingt, indem die, von den höchsten Regionen eines Gebirges zusammen rieselnden Wasser nach bestimmten aber verschiedenen Richtungen abfliessen, unter denen sich gewöhnlich zwei, einander gerade entgegengesetzte Richtungen auszeichnen.

Es darf aber diese Continuität der Gebirge keineswegs mit einer geschlossenen und einförmigen Reliefbildung derselben verwechselt werden; vielmehr ist der Körper eines jeden Gebirges durch zahllose Einschnitte in höchst verschiedener Weise gegliedert, so dass Höhen und Tiefen beständig mit einander abwechseln, und in ihrer Verbindung jene Manchfaltigkeit der Formen und jenen Reichthum der Scenerie bedingen, welche die Gebirgslandschaften zu charakterisiren pflegen. Eine Continuität ist nur insofern vorhanden, als alle diese Glieder von einem gemeinschaftlichen Stamme auslaufen, und nach gewissen Gesetzen zu einem Ganzen verbunden sind. Dieser gemeinschaftliche Stamm ist der Gebirgsrücken oder Gebirgskamm, auf welchem die Linie der Wasserscheide hinläuft. Die Gliederung und das Dasein einer bestimmten Wasserscheide sind es auch, wodurch sich die Gebirge von den Plateaus wesentlich unterscheiden.

§. 104. *Kettengebirge und Massengebirge.*

Bei der näheren Betrachtung der Gebirge sind zuvörderst die allgemeinen Verhältnisse ihrer Ausdehnung und Formen, und dann ihre speciellen Form-Verhältnisse zu berücksichtigen. Die ersteren bezie-

*) Albrecht v. Roon hat auch in seinen vortrefflichen Grundzügen der Erd-, Völker- und Staatenkunde dieses Verhältniss als ein Merkmal in den Begriff des Gebirges aufgenommen.

hen sich auf die horizontalen und verticalen Dimensionen, auf die Richtung der Gebirge, auf die allgemeine Gliederung und Physiognomie derselben.

Nach der relativen Grösse oder nach den Verhältnissen ihrer horizontalen Dimensionen pflegt man Kettengebirge oder Gebirgsketten und Massengebirge*) zu unterscheiden. Kettengebirge sind solche, bei welchen eine der Horizontal-Dimensionen sehr vorherrschend ist, Massengebirge dagegen solche, deren horizontale Dimensionen weniger ungleich sind. Jene bilden eine mehr oder weniger langgestreckte Reihe, diese dagegen eine mehr zusammengehaltene Gruppe von Erhebungen**). Die meisten Gebirge gehören zu den Kettengebirgen, und das Extrem dieser Gebirgsform liegt in den Anden Südamerikas vor, welche sich als eine fast 900 M. lange Kette fortziehen, deren Länge die Breite 60 Mal übertrifft. Die Alpen, die Apenninen, die Pyrenäen, der Thüringer Wald liefern uns Beispiele von Kettengebirgen in Europa.

Der Harz und die Ardennen nähern sich schon mehr den Verhältnissen der Massengebirge, da ihre Länge nur etwa drei Mal so gross ist als die Breite. Noch mehr gilt diess von den Vogesen und dem Schwarzwalde, in welchen beiden die Länge nur doppelt so gross ist als die grösste Breite. Indessen wird es mit diesen Unterscheidungen nicht so genau genommen, daher man auch oft von einer Kette der Vogesen oder des Schwarzwaldes spricht. Ausgezeichnete Beispiele von Massengebirgen, die man fast Rundgebirge nennen könnte, bieten der Aetna, der Cantal und Montdor.

Die Kettengebirge haben in der Regel einen ziemlich geradlinigen Verlauf; doch zeigen manche derselben mehr oder weniger auffallende Biegungen, welche wohl zuweilen in förmliche Winkel übergehen (Anden Südamerikas, Alpen, Altai). Die Wendepuncte, an welchen die eine Richtung in die andere übergeht, sind gewöhnlich durch besonders hohe Gipfel ausgezeichnet. Für dergleichen Gebirgsketten lässt sich aber doch meistentheils eine mittlere Richtung als die Normaldirection ihres Verlaufes angeben.

Nach der absoluten Grösse ihrer horizontalen Dimensionen sind die Gebirge sehr verschieden, und werden wohl danach als sehr grosse,

*) Wofür freilich ein passenderes Wort zu wünschen bleibt, da jedes Gebirge eine aufragende Masse ist, und da der Begriff der Masse auf keine Formbestimmung verweist.

**) Studer gebraucht das Wort Gebirgszone für Kettengebirge oder Gebirgsketten. Lehrb. der phys. Geographie, II, S. 219.

als grosse, mittlere, kleine und sehr kleine Gebirge bezeichnet, ohne dass man jedoch ganz bestimmte Meilenzahlen für diese Unterschiede geltend macht, was auch nicht zweckmässig sein würde.

Berghaus bringt die Gebirge nach ihrer Länge in 4 Classen:
1) Gebirge von mehr als 1000 Meilen Länge; Anden Amerikas, das Himalayagebirge;
2) Gebirge von 500 bis 1000 Meilen Länge; Altai, Himmelsgebirge;
3) Gebirge von 200 bis 500 Meilen Länge; Ural, Scandinavisches Gebirge;
4) Gebirge von weniger als 200 Meilen Länge.
Indessen scheint es nothwendig, noch mehre Classen anzunehmen, weil ausserdem die vierte Classe eine unverhältnissmässig grosse Anzahl von Gebirgen begreifen würde.

§. 105. *Rücken*, *Abfall*, *Fuss der Gebirge*.

In der allgemeinen Form eines jeden Gebirges geben sich zuvörderst drei Haupttheile, nämlich der Rücken, die Abfälle und der Fuss zu erkennen. Der Gebirgs**rücken** ist die **obere** Region, in welcher die Wasserscheide liegt; er erscheint bald breit und flach, bald schmal und scharf, und wird auch, besonders im letzteren Falle, der Gebirgs**kamm** genannt; bei Massengebirgen bedient man sich wohl auch zweckmässig des Wortes Gebirgs**scheitel**. Wenn der Rücken eines Gebirges sehr breit und wenig gegliedert ist, so nähert sich dasselbe einem Plateau.

Der **Fuss** eines Gebirges ist die **untere** Region, wo das Gebirge anzusteigen beginnt, und an das benachbarte Flachland oder Meer angränzt; er kann eine bedeutende absolute Höhe haben, wenn das Gebirge mitten aus einer Hochebene aufsteigt; auch kann die Höhe der einander entgegengesetzten Fusslinien eine sehr verschiedene sein, wenn das Gebirge auf dem Rande eines Plateaus steht.

Die **Abfälle** eines Gebirges sind die zwischen dem Rücken und dem Fusse liegenden Regionen. Bei den Kettengebirgen unterscheidet man Seitenabfälle und Endabfälle, von welchen jene der Axe der Kette parallel, diese fast rechtwinkelig auf ihr streichen; übrigens werden die Abfälle gewöhnlich nach derjenigen Weltgegend unterschieden und benannt, nach welcher sie vom Rücken oder Scheitel des Gebirges aus gelegen sind.

Der Rücken eines Kettengebirges fällt gewöhnlich **nicht** in die Mitte der Breite desselben, sondern liegt in der Regel näher nach dem einen als nach dem anderen Fusse. Dadurch wird für die beiden **Seitenabfälle** eine Verschiedenheit der Breite und der Neigung herbei-

geführt, welche in manchen Gebirgen recht bedeutend ist, und für die meisten derselben die Unterscheidung eines Steilabfalls und Flachabfalls gestattet. Die allgemeinen Querprofile der meisten Gebirgsketten erscheinen daher nicht als gleichschenkelige, sondern als ungleichseitige Dreiecke, welche an ihrem Scheitel sehr stumpfwinkelig sind, weil die Neigung der Abfälle durch ziemlich kleine Winkel bestimmt zu werden pflegt.

Man glaubte früher in dieser Verschiedenheit der Abfälle die Regel zu erkennen, dass in allen nordsüdlich streichenden Gebirgsketten der Westabfall, in allen ostwestlich streichenden Ketten der Südabfall der steilere und kürzere sei*). Indessen lässt sich diese wohl oft erfüllte Regel durchaus nicht als ein wirkliches Naturgesetz betrachten, wie denn auch eine solche Abhängigkeit der Böschungsgrade von den Weltgegenden jedenfalls unbegreiflich sein würde. Die meisten Gebirge kehren ihren steileren Abfall dem zunächst gelegenen Meere, Bassin oder Tieflande zu; so z. B. das Norwegische Gebirge der Nordsee, die Taurische Gebirgskette dem schwarzen Meere, die Vogesen und der Schwarzwald dem Oberrheinischen Tieflande, die Alpen dem Tieflande der Lombardei.

Gebirgsgipfel sind die höchsten Puncte, welche längs dem Rücken eines Gebirges aufragen. Die durch diese Gipfel gezogene Linie hat gewöhnlich einen von der Wasserscheide mehr oder weniger abweichenden Verlauf, daher diese beiden Begriffe mit einander nicht verwechselt werden dürfen.

Ueberhaupt sind nach Humboldt an einer jeden Gebirgskette folgende fünf Richtungs-Elemente zu unterscheiden:

1) die longitudinale Axe der ganzen Kette in Form einer Kante, eines Rückens;
2) die Kammlinie, welche durch die culminirenden Puncte oder die Maxima der Höhe läuft;
3) die Linie, welche den Spalten der Schichtung folgt, und die Aufrichtungsaxe der einzelnen Schichten angiebt;
4) die Linie, welche die Gewässer scheidet, die Wasserscheide;
5) die Linie, welche die in der Kette neben einander hinstreichenden Gebirgsformationen trennt.

Humboldt dringt auf die Unterscheidung dieser Elemente, welche um so nöthiger sei, weil wahrscheinlich in keiner einzigen Kette auf der Erde eine völlige Coincidenz oder ein genauer Parallelismus dieser fünf Linien Statt finde. Central-Asien, I, S. 180.

*) Besonders waren es T. Bergmann und Kirwan, welche diese Regel aufstellten.

Gebirgspässe sind die tiefsten Puncte, welche längs dem Rücken eines Gebirges vorkommen; in ihnen kann also das Gebirge mit der geringsten Höhe überschritten werden, was ihnen in Hinsicht auf den Verkehr zwischen dem diesseitigen und jenseitigen Gebirgsabfalle eine grosse Wichtigkeit verleiht.

Unter einem Gebirgsprofile versteht man jeden Durchschnitt des Gebirges nach einer Verticalfläche, gewöhnlich nach einer Vertical-Ebene. Bei einem Kettengebirge unterscheidet man Querprofile und Längenprofile; Querprofile nennt man solche Profile, welche die Axe der Kette unter einem rechten oder doch sehr grossen Winkel schneiden; Längenprofile dagegen diejenigen Profile, welche der Axe parallel oder doch beinahe parallel sind. Das wichtigste unter allen Längenprofilen ist das Profil des Gebirgsrückens. Die im verjüngten Maassstabe ausgeführten bildlichen Darstellungen solcher Profile nach verschiedenen Richtungen gewähren das sicherste Hilfsmittel zur Veranschaulichung der Reliefformen eines Gebirges. Doch pflegt auch bei ihnen, aus dem zu Ende von §. 98 angegebenen Grunde, für die Höhen ein grösserer Maassstab, als für die horizontalen Dimensionen angewendet zu werden.

§. 106. *Höhe der Gebirge; Kamm- und Gipfelhöhe.*

Die verticalen Dimensionen der Gebirge bestimmen die Höhe derselben, welche zunächst als absolute und relative Höhe unterschieden wird. Jene bezieht sich auf das Niveau des Meeresspiegels, diese auf das mittlere Niveau der unmittelbar angränzenden Landstriche.

Die relative Höhe eines Gebirges ist in der Regel kleiner, als die absolute Höhe desselben, und nur in seltenen Fällen findet das Gegentheil Statt; so hat z. B. der Kaukasus gegen die östlich vorliegenden Gegenden eine grössere relative als absolute Höhe, weil sich daselbst der Caspisee 78 Fuss tief unter dem Niveau des Meeresspiegels ausbreitet. Uebrigens kann sich die relative Höhe eines und desselben Gebirges nach verschiedenen Seiten hin mit sehr verschiedenen Werthen herausstellen, weil solche von der Höhe derjenigen Landstriche abhängt, auf welche sie bezogen wird. So hat z. B. das Himalaya-Gebirge auf der Südseite, über den Tiefländern Hindostans, eine relative Höhe von mehr als 25000 F., auf der Nordseite dagegen, über dem Plateau von Tübet, nur eine relative Höhe von 16000 bis 18000 Fuss. Wo ein Gebirge unmittelbar aus dem Meeresspiegel aufragt, da ist der Unterschied zwischen beiden Höhen $= 0$, indem der Begriff der relativen Höhe gar keine Anwendung findet.

Ein wichtiger Unterschied in Betreff der Höhen eines Gebirges ist derjenige, welcher durch die Ausdrücke Gipfelhöhe oder extreme Höhe und Kammhöhe bezeichnet worden ist. Unter der extremen Höhe oder der Gipfelhöhe versteht man die absolute Höhe des höchsten Gipfels; so ist z. B. 14800 F. die Gipfelhöhe der Alpen, 3500 F. die Gipfelhöhe des Harzes. Die Kammhöhe dagegen ist eigentlich eine besondere Modalität des Begriffes der mittleren Höhe. Die allgemeine mittlere Höhe eines Gebirges würde nämlich nach §. 98 diejenige sehr schwer zu bestimmende Höhe sein, welche sich aus der Division seines Volumens durch seine Grundfläche ergäbe. Bei Kettengebirgen aber, und überhaupt bei allen Gebirgen, welche noch irgend eine vorherrschende Längen-Dimension, und einen derselben entsprechenden Gebirgsrücken oder Gebirgskamm zeigen, gewinnt dieser Rücken oder Kamm eine so vorwaltende Bedeutung, dass man vorzüglich nach seinen Verhältnissen die Erhebung des ganzen Gebirges beurtheilt.

Denkt man sich durch den Gebirgsrücken ein Profil gelegt, so würde dasselbe alle Gipfel und Pässe des Rückens enthalten, und eine mehr oder weniger undulirte Linie darstellen; der Flächeninhalt dieses Profiles, dividirt durch seine Basis, würde uns die wahre mittlere Höhe des Gebirgsrückens geben. Man kann aber auch nach der mittleren Gipfelhöhe oder nach der mittleren Passhöhe eines Gebirgsrückens fragen, und würde im ersteren Falle lediglich die auf dem Rücken aufragenden Gipfel, im zweiten Falle aber lediglich die zwischen den Gipfeln eingesenkten Pässe zu berücksichtigen haben. Da nun die Pässe, diese Communicationspuncte beider Abfälle, in wissenschaftlicher und praktischer Hinsicht als die wichtigsten Elemente eines jeden Gebirgsrückens gelten müssen; da sie es eigentlich sind, in welchen sich der Verlauf des Gebirgskammes am bestimmtesten zu erkennen giebt, während sich die Gipfel gewissermaassen nur als einzelne Hervorragungen betrachten lassen, die dem Kamme aufgesetzt sind; so bestimmte Al. v. Humboldt sehr richtig die mittlere Passhöhe der Gebirge als die eigentliche mittlere Kammhöhe derselben.

Humboldt hat auch insbesondere auf die Wichtigkeit des Verhältnisses zwischen der Kammhöhe und der Gipfelhöhe der Gebirge aufmerksam gemacht; ein Verhältniss, welches von wesentlichem Einflusse auf die Physiognomie der Gebirge ist, und auch ausserdem zu manchen sehr interessanten Folgerungen gelangen lässt. So bestimmte Humboldt das Verhältniss der Kammhöhe und der Gipfelhöhe für die Alpen und den Kaukasus = 1 : 2, für das Himalayagebirge, die Anden von Quito und die Alleghanys = 1 : 1,8, für die Pyrenäen und die Anden von Bolivia = 1 : 1,5. Die Kammhöhe des Himalaya ist gleich der Gipfelhöhe der Alpen, die Kammhöhe der Anden von Quito gleich der

Gipfelhöhe der Pyrenäen, die Kammhöhe des Kaukasus fast gleich der Gipfelhöhe der Karpathen.

Man hat die Gebirge, wie nach ihrer Länge, so auch nach ihrer Höhe einzutheilen versucht, und sie z. B. Hochgebirge genannt, wenn sie eine mittlere absolute Höhe von 5000 bis 7000 F. und darüber haben; Mittelgebirge, wenn sie 2000 bis 5000 F. hoch sind; u. s. w. Indessen lassen sich auch in dieser Hinsicht keine ganz bestimmten Zahlen geltend machen.

§. 107. *Richtung der Gebirgsketten.*

Ueber die Richtung der Gebirgsketten glaubte man früher und zum Theil auch noch in der neuesten Zeit gewisse allgemein giltige Gesetze aufstellen zu können, welche sich jedoch keinesweges als solche bestätigt haben, wenn ihnen auch für einzelne Gegenden eine gewisse Giltigkeit nicht abgesprochen werden kann.

So findet sich in der *Géographie physique* von Buache (1754) die Ansicht durchgeführt, dass alle Gebirge der Continente von einigen wenigen Gebirgsknoten oder Plateaus strahlenförmig auslaufen, welche Plateaus zugleich als die höchsten Gegenden der Erdoberfläche vorausgesetzt wurden. Den grössten dieser Gebirgsknoten verlegte Buache in das Innere von Asien, einen anderen in das Innere von Afrika, zwei derselben nach Amerika, und ebenfalls zwei nach Europa. Von diesen letzteren sollte der eine an den Quellen der Wolga und des Don, also in einer Gegend liegen, wo sich gar kein Gebirge, sondern nur eine ganz flache Anschwellung des Sarmatischen Tieflandes befindet.

Buffon hatte die Ansicht, dass die grösseren Gebirge theils den Meridianen, theils den Parallelkreisen folgen, und also entweder eine nordsüdliche oder eine ostwestliche Richtung haben. Auch glaubte er anfangs, dass in der östlichen Hemisphäre die ostwestliche, in der westlichen Hemisphäre die nordsüdliche Richtung die herrschende sei, änderte jedoch später diese Meinung dahin, dass in beiden Hemisphären die Hauptgebirgsketten in die Richtung von Meridianen, die Nebengebirgsketten dagegen in die Richtung von Parallelkreisen fallen.

Diese ganz abstracte, mathematisch-geographische Ansicht über den Verlauf der Gebirgsketten wurde später in etwas anderer Weise von Gatterer aufgenommen und mit solcher Consequenz durchgeführt, dass er die Oberfläche der Erde mit einem förmlichen Netze von Meridian-Gebirgen und Parallelkreis-Gebirgen umstrickte, und die Ueberzeugung aussprach, man werde sich nach diesen orographischen Meridianen und Parallelkreisen eben so gut auf der Erde orientiren können, wie nach den

gleichnamigen mathematischen Linien, von welchen er übrigens seine orographischen Linien in ihrer Richtung bedeutend abweichend bestimmte.

Auch Al. v. Humboldt huldigte anfangs der Idee, die Richtung der Gebirgsketten werde durch ein ganz allgemeines Gesetz bestimmt, welches er dahin aussprechen zu können glaubte, dass die Gebirgsketten nach parallelen Linien gestreckt seien, welche von NO. nach SW. laufen und mit der Erdaxe einen Winkel von 45 bis 52° bilden. Aehnlich war die von Ebel aufgestellte Ansicht, dass die grösseren Gebirge aller Erdtheile entweder von O. nach W., oder von NO. nach SW. gerichtet und diejenigen Gebirge als blosse Ausnahmen von der Regel zu betrachten seien, welche, wie z. B. der Ural oder die Apenninen, nach anderen Richtungen streichen*). Und noch vor kurzem hat Dana die Ansicht geltend zu machen gesucht, dass in dem Verlaufe der Gebirgsketten die beiden Richtungen von NO. nach SW. und von NW. nach SO. als die vorherrschenden zu erkennen sind**). Auf das Vorwalten dieser beiden Richtungen, als zweier Systeme von geodätischen Linien, welche auch in der Form und Ausdehnung der Continente öfters hervortreten, verwies schon Humboldt (Central-Asien, I, S. 184).

Pissis hat in der oben erwähnten Abhandlung, in welcher er die Contourformen der Continente auf 15 grösste Kreise der Erdkugel zurückzuführen versucht, dieselbe Ansicht auch für die Richtung der Gebirgsketten geltend gemacht. Eben so haben sich Fr. Klee und F. de Boucheporn***), ausgehend von der Hypothese vielfältiger im Laufe der Zeiten eingetretener Veränderungen der Erdaxe, für die Idee ausgesprochen, dass die Richtungen der bedeutenderen Gebirgsketten grössten Kreisen der Erdkugel entsprechen, indem der jedesmalige Aequator es gewesen sei, unter welchem die grösseren Gebirge entstanden. Diesen Hypothesen dürfte jedoch kaum ein höherer Werth zuzugestehen sein, als jener Idee

*) Ebel, Ueber den Bau der Erde in dem Alpengebirge, Bd. II, S. 160 ff. u. S. 351. Auch Breislak neigte sich zu derselben Ansicht; Lehrb. der Geologie, übers. von v. Strombeck. Bd. II, S. 190. Ueberhaupt wurde sonst viel an eine ostwestliche Richtung aller Gebirge geglaubt, wogegen Delametherie das Irrige dieses Glaubens nachwies.

**) *The American Journal of sc.*, 2. *series*, *III*, 1847, *p*. 383. Die grosse Bedeutung der letzteren Richtung für die meisten Gebirge des nördlichen Teutschland ist schon lange von Leopold v. Buch hervorgehoben worden. Leonhards Mineral. Taschenbuch für 1824, S. 502.

***) *F. de Boucheporn, Etudes sur l'histoire de la terre, Paris*, 1842. Frederik Klee, Der Urzustand der Erde u. s. w., übersetzt von v. Jenssen-Tusch. Stuttgart, 1845.

von Oken, welcher den ganzen Erdball mit einem Rhomben-Dodekaëder verglich, dessen Kanten die Richtung der Gebirgsketten bestimmen sollen.

Weit naturgemässer ist wohl die Ansicht von d'Aubuisson, dass die Richtungen der Gebirge an und für sich weder durch die Meridiane, noch durch die Parallelkreise, noch durch sonstige allgemein bestimmbare Linien dargestellt werden, sondern dass solche den vorherrschenden Längen-Dimensionen derjenigen Inseln, Halbinseln und Continente entsprechen, in welchen die Gebirge vorkommen; dass also ein Causalzusammenhang zwischen der allgemeinen Ausdehnung und Configuration der Continente und zwischen der Richtung der grösseren Gebirgsketten Statt finde; ein Zusammenhang, auf welchen auch Leopold v. Buch und Humboldt mehrfach aufmerksam gemacht haben*), so wie er auch neuerdings von Dana nachdrücklich hervorgehoben worden ist.

Für langgestreckte Inseln und Halbinseln ist diese Ansicht durchgängig gerechtfertigt, und selbst in den Continenten stellt sich wenigstens der Verlauf ihrer grösseren Hochlandsysteme als parallel mit ihrer vorherrschenden Horizontal-Dimension oder auch mit ihren längsten Küstenrändern heraus, wie diess für Europa, Asia und Amerika auf den ersten Blick ersichtlich ist. Dass aber auch für alle einzelnen Gebirge eine ähnliche Beziehung zu den Contouren der Continente nachzuweisen sein sollte, lässt sich wohl nicht erwarten.

§. 108. *Allgemeine Gliederung der Gebirge.*

Jedes Gebirge stellt eine aus abwechselnden, aufwärts convexen und aufwärts concaven Theilen, aus Protuberanzen und Einsenkungen zusammengesetzte Anschwellung der Erdoberfläche dar, in welcher sich unter einander zusammenhängende Höhenzüge und dazwischen hinlaufende Tiefenzüge unterscheiden lassen. Durch die Gruppirung und Verknüpfung der grösseren dieser Höhenzüge und Tiefenzüge wird zuvörderst die allgemeine Gliederung der Gebirge bestimmt, welche in sehr verschiedener Weise ausgebildet sein kann. Als einige der wichtigsten Modalitäten dieser Gliederung dürften etwa folgende zu erwähnen sein**).

*) Humboldt, Geognostische Beobachtungen über die Vulcane des Hochlandes von Quito, im Neuen Jahrbuch für Min. Geogn., 1837, S. 263 f.

**) Ueber die verschiedenen Formen in der allgemeinen Gliederung der Gebirge hat neuerdings Dana sehr beachtenswerthe Ansichten aufgestellt; a. a. O. S. 385 f.

1) Transversale Gliederung; sie ist eine der allergewöhnlichsten Formen, findet sich zumal bei Kettengebirgen, überhaupt bei den meisten Gebirgen von einer vorherrschenden Längen-Dimension, und besteht wesentlich darin, dass vom Gebirgsrücken aus nach beiden Seiten Höhenzüge und Tiefenzüge in einer auf die Axe der Kette fast rechtwinkeligen Richtung auslaufen.

2) Parallele Gliederung; sie ist seltener als die vorige, und wesentlich darin begründet, dass das ganze Gebirge aus zwei oder mehren, parallel neben einander hinziehenden Ketten besteht, von welchen sich gewöhnlich eine, durch ihre vorwaltende Länge und grössere Höhe als die Hauptkette auszeichnet. Diese parallele Gliederung ist entweder eine longitudinale, wenn die Axen der einzelnen Ketten der Hauptrichtung des ganzen Gebirges parallel liegen (Anden Südamerikas, Alleghanys); oder eine diagonale, wenn die Axen derselben diese Hauptrichtung unter spitzen Winkeln durchschneiden (Schweizer Jura und Cevennen*). Die zwischen den einzelnen Ketten hinlaufenden Tiefenzüge bilden grosse Längenthäler oder auch schmale Hochebenen, welche stellenweise durch Querthäler in Verbindung gesetzt werden.

3) Divergente Gliederung; kommt selten und dann wohl nur an den Enden einer Gebirgskette vor, und besteht darin, dass sich die Hauptkette in zwei oder mehre divergirende Ketten oder Arme theilt, welche einzeln zu Ende gehen. So theilt sich z. B. der Ural am Gipfel des Jurma, die Andeskette von Südamerika im Gebirgsknoten von Soco-boni in drei divergirende Arme.

4) Radiale Gliederung; findet sich vorzüglich bei Massengebirgen, und giebt sich dadurch zu erkennen, dass die vom Gebirgsscheitel abfallenden Höhenzüge und Tiefenzüge nach allen Weltgegenden hin strahlenförmig auslaufen; Cantal und Montdor.

Uebrigens erscheinen in einem und demselben Gebirge nicht selten zwei oder mehre dieser Gliederungsformen zugleich ausgebildet; so ist z. B. die parallele Gliederung in der Regel mit einer transversalen Gliederung verbunden, indem jede einzelne Parallelkette in sich selbst transversal gegliedert ist.

Die Kettengebirge zeigen bisweilen in ihrem Verlaufe einzelne Stellen, an welchen mit einer grösseren Ausbreitung auch eine bedeutendere Höhe, überhaupt also eine grossartigere Entwickelung der Massen gegeben ist. Dergleichen Anschwellungen des Gebirgskörpers

*) Nach Theobald, im Neuen Jahrbuch für Min., 1843, S. 671.

nennt man Gebirgs**knoten** oder Gebirgs**stöcke**. Sie sind gewöhnlich durch die höchsten Gipfel bezeichnet und liegen nicht selten an solchen Puncten, wo die Gebirgskette eine Veränderung ihrer Richtung erleidet. Solche Wendepuncte sind es z. B., an welchen in den Alpen die Massen des Montblanc und des St. Gotthardt gelagert sind. Das Gegentheil dieser Anschwellungen der Gebirgsketten sind die Contractionen derselben, welche als mehr oder weniger bedeutende Verschmälerungen der Kette erscheinen, und theils mit einer Erhöhung, theils mit einer Erniedrigung ihres Niveaus verbunden sind. Doch kann auch ein Gebirge stellenweise bedeutende Depressionen seines Niveaus zeigen, ohne dass gerade eine Verschmälerung seiner Breite Statt findet. (Dovrefjeld.)

Als eine eigenthümliche Modalität der parallelen Gliederung lässt sich diejenige betrachten, bei welcher sich die Hauptkette in zwei parallele Ketten spaltet, welche nach längerem oder kürzerem Verlaufe wiederum zusammentreten, einen grossen Gebirgsknoten bilden, sich dann abermals trennen, und dieses Verhältniss mehrfach wiederholen. Das von den beiden Parallelketten umschlossene Land pflegt dann in der Regel den Charakter eines Plateaus oder einer Hochebene zu tragen. Diese Gliederung findet sich z. B. sehr ausgezeichnet in der Andeskette Südamerikas von 20° südlicher bis zu 2° nördlicher Breite, innerhalb welcher Distanz nicht weniger denn fünf mächtige Gebirgsknoten, als eben so viele Trennungs- und Vereinigungspuncte der beiden Parallelketten auftreten, in welchen dort das Gebirge ausgebildet ist; die beiden langgestreckten Plateaus von Bolivia und Quito werden von den fast parallel neben einander laufenden Armen einer solchen Bifurcation der Hauptkette umschlossen. Eine ähnliche Erscheinung zeigt nach Abich der Kaukasus, welcher in seiner südwestlichen Hälfte, vom Congutichoch bis zum Gudurdag, auf 240 Werst Länge, in zwei parallelen Ketten ausgebildet ist, die an sechs verschiedenen Stellen durch mächtige Querjöcher mit einander verbunden sind, so dass zwischen beiden Ketten sieben grosse Kesselthäler liegen; nämlich vom Congutichoch bis zum Barbalo die vier kleineren Kesselthäler des Naridon, Terek, Assa und Argun; vom Barbalo bis zum Gudurdag die drei grösseren Kesselthäler der Tuschinen, von Dido und Ankratl. Vom Barbalo läuft noch ausserdem das Andische Gebirge in einem grossen, zuletzt rückläufigen Bogen bis zum Gudurdag, so dass in diesem Theile des Kaukasus, welcher wesentlich das Hochland von Daghestan begreift, eine dreifache Theilung der Hauptkette besteht.

Noch könnte man als eine besondere Gliederungsform die **stockartige** Gliederung hervorheben, welche nur bei sehr grossen und hohen Gebirgen vorzukommen pflegt*). Das ganze Gebirge stellt nämlich eine einfache, dop-

*) Es ist diess dieselbe Gliederung, welche **Studer** als **Zonen mit Centralmassen** aufführt und beschreibt. Lehrb. der physik. Geographie, II, S. 230. Als ausgezeichnetes Beispiel erwähnt er die Alpen, für welche er diese Gliederungsform schon früher geltend gemacht hatte, wie solche auch von *Rozet* anerkannt worden ist. *Bull. de la soc. géol., t. VI, p.* 10.

pelte oder selbst mehrfache Reihenfolge von Gebirgsstöcken dar, deren jeder einzelne für sich gleichsam ein Massengebirge von theils radialer, theils paralleler, theils transversaler Gliederung bildet, und welche dergestalt hinter und neben einander gestellt sind, dass ihre längsten Axen in die Richtung des ganzen Gebirges fallen, während ihre gegenseitigen Gränzen seitwärts durch Längenthäler, endwärts durch Pässe und Depressionen bestimmt werden. Diese sehr verwickelte Form der Gebirgsgliederung findet sich z. B. höchst charakteristisch in den Centralalpen ausgebildet.

§. 109. *Allgemeine Physiognomie der Gebirge.*

Die allgemeine, in der Fernsicht hervortretende Physiognomie der Gebirge wird ganz vorzüglich durch das Verhältniss ihrer Kammhöhe und Gipfelhöhe (§. 106) durch die Zahl und Form, durch die Stellung und Gruppirung der höchsten Gebirgsgipfel, überhaupt durch das Profil des hohen Gebirgsrückens und der zunächst angränzenden Regionen bestimmt. Obgleich nun die Manchfaltigkeit der Reliefbildung ausserordentlich gross ist, so dass fast ein jedes Gebirge seine eigenthümliche Physiognomie hat, so lassen sich doch gewisse allgemeine Unterschiede geltend machen, von welchen die wichtigsten etwa folgende sein dürften:

1) Wallgebirge kann man diejenigen Gebirge nennen, deren Rücken einen nur wenig undulirten Verlauf besitzt, indem weder scharfe und zackige Gipfel, noch enge und tief eingeschnittene Pässe vorhanden sind. Erzgebirge, Ural, Sierra Nevada. Dergleichen Gebirge würden sich auch als Plateaugebirge bezeichnen lassen, wenn ihr Rücken sehr breit und eben, und nur durch wenige eminente Gipfel ausgezeichnet ist. Ardennen, südlicher Theil Norwegens.

2) Zackengebirge könnte man solche Gebirge nennen, deren Rücken einen stark undulirten, zickzackförmig ausgeschnittenen Verlauf zeigt, indem sich viele schroffe, scharfkantige Gipfel und Grate neben und hinter einander aufthürmen, zwischen denen die Pässe wie tief eingehauene Scharten eingesenkt sind; dabei ist die absolute Höhe gewöhnlich sehr bedeutend. In Europa zeigen die Schweizer Alpen diese Physiognomie in ganz vorzüglicher Schönheit; nächst ihnen die Pyrenäen.

3) Kegelgebirge; der Gebirgsrücken ist mit vielen kegelförmigen und pyramidalen, oder domförmigen und kuppelförmigen Gipfeln gekrönt, welche neben und hinter einander aufragen. Böhmisches Mittelgebirge, Auvergne, südlicher Theil der Vogesen, für welche letzteren die kuppelförmigen Gipfel der Belchen oder Ballons den Namen Kuppelgebirge rechtfertigen würden.

4) Wellengebirge; der Gebirgsrücken zeigt in seinem Profile die mittleren Verhältnisse zwischen denen des Wallgebirges und des Kuppelgebirges; Thüringer Wald.

Uebrigens kann ein und dasselbe Gebirge in verschiedenen Theilen seiner Ausdehnung eine ganz verschiedene Physiognomie zeigen; wie z. B. die Vogesen im südlichen Theile den Charakter eines Kuppelgebirges, im nördlichen Theile den eines Wallgebirges besitzen. Den flacheren Gebirgen, zu welchen namentlich die Plateaugebirge und die Wallgebirge gehören, sind auch zuweilen einzelne kegelförmige Berge oder auch ganze Gruppen solcher Berge aufgesetzt, wodurch sie stellenweise die Physiognomie eines Kegelgebirges oder Zackengebirges erhalten. So z. B. das Norwegische Gebirge im Jotunfjeld, nördlich von Filefjeld.

Alle diese Benennungen sollen natürlich nur dazu dienen, den allgemeinen Eindruck zu bezeichnen, welchen die Gebirge auf das Auge und die Einbildungskraft des Beschauers machen, wenn sie im Hintergrunde der Landschaft oder vom Meere aus erblickt werden. Sie beziehen sich gleichsam nur auf die Schattenrisse oder Silhouetten der Gebirge, ohne dass dabei auf das Detail der Reliefbildung in ihren Abfällen Rücksicht genommen wird. Zwischen dem Plateaugebirge und dem Zackengebirge, als den beiden Extremen, bilden die Formen des Wallgebirges, Wellengebirges, Kuppelgebirges und Kegelgebirges Mittelglieder, durch welche die fast geradlinigen Profile des einen Extremes in die scharf gezahnten Profile des andern Extremes übergehen.

§. 110. *Specielle Gliederung der Gebirge; Thäler, Jöcher.*

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der besonderen Form-Verhältnisse der Gebirge, von welchen die specielle Gliederung des Gebirgskörpers als das wichtigste unsere Aufmerksamkeit zunächst in Anspruch nimmt.

Wie die Gliederung der Contourformen des Landes auf dem Wechsel von auswärts und einwärts gekrümmten Linien, von ausspringenden und einspringenden Winkeln, so beruht die Gliederung seiner Reliefformen auf dem Wechsel von aufwärts und abwärts gebogenen Flächen, von convexen und concaven Formen. Die aufwärts convexen Formen erscheinen als Protuberanzen oder Erhebungen, die aufwärts concaven Formen als Depressionen, Vertiefungen oder Einschnitte, und die unendliche Manchfaltigkeit in der Plastik des Landes beruht lediglich auf der Combination dieser beiden Grund-Elemente. So wird denn auch die Gliederung der Gebirge wesentlich auf dieselben zwei Elemente zurückzuführen sein.

Der Körper eines jeden Gebirges erscheint nämlich in seinen Abfällen von vielen, mehr oder weniger tiefen und langen, rinnenförmigen Einschnitten durchfurcht, welche, nach Maassgabe ihrer verschiedenen Dimensionen und Formen, Thäler, Schluchten, Gründe, Schrunden, Graben, Runsen, u. s. w. genannt werden*). Sie sind in ihrer gegenwärtigen Form grossentheils das Werk der fliessenden Gewässer, während viele, wenigstens ihrer ersten Anlage nach, durch Hebungen und Senkungen, oder auch durch Spaltungen und Zerreissungen des Gebirges entstanden sind.

Die grösseren dieser Einschnitte beginnen hoch oben auf dem Rücken oder Scheitel des Gebirges, unmittelbar an der Wasserscheide, und laufen abwärts bis an den Fuss des Gebirges, indem sie sich immer tiefer in den Körper desselben einsenken. In diese grösseren Thäler münden beiderseits kleinere Thäler; in diese wiederum andere, noch kleinere Einschnitte u. s. w., so dass man aus jedem grösseren Thale, wenn man es aufwärts verfolgt, in immer kleinere Thäler, aus diesen in Schluchten und Schrunden, und endlich in blose Ausbuchtungen oder Ausfurchungen des Terrains gelangen kann, welche alle unter einander auf ähnliche Weise zusammenhängen, wie die Zweige mit den Aesten und die Aeste mit dem Stamme eines Baumes. Der Lauf der in allen diesen Einschnitten gewöhnlich hinfliessenden Gewässer gewährt den besten und sichersten Leitfaden bei ihrer Verfolgung und Unterscheidung.

An jedem solchen Einschnitte, er mag nun als Thal oder Schlucht oder auf andere Weise bezeichnet werden, unterscheidet man die Sohle, als den tieferen und gewöhnlich auch flacheren Theil; die Gehänge, als die zu beiden Seiten der Sohle hinlaufenden höheren und steileren Theile; den Anfang, als den obersten, und den Ausgang, als den untersten Theil. Nach der Richtung des Wasserlaufes werden die beiden Gehänge als rechtes und linkes Gehänge unterschieden, während ein jedes derselben von unten nach oben, und rechtwinkelig auf die Richtung des Wasserlaufes gewöhnlich verschiedene Abstufungen oder Böschungen erkennen lässt, die man als Untergehänge, Mittelgehänge und Obergehänge bezeichnen kann.

Wie nun die Thäler als rinnenförmige Concavitäten in den Körper des Gebirges einschneiden, so steigen dagegen zwischen ihnen längere

*) In den Alpen werden sehr steile und tief eingerissene Schluchten auch Tobel genannt; wahrscheinlich von dem tobenden Geräusche der in ihnen herabstürzenden Bergströme.

oder kürzere, breitere oder schmälere Convexitäten des Gebirgsabfalls auf, die sich in manchfaltigen Formen und Verzweigungen von dem Gebirgsrücken herabziehen, an welchem sie alle, wie Aeste an einem gemeinschaftlichen Stamme, oder wie Rippen an ein Rückgrat angeheftet sind. Die grösseren dieser, durch das Dasein der Thäler nothwendig bedingten, mehr oder weniger langgestreckten Protuberanzen des Gebirgsabfalls nennt man Gebirgs jöcher. An jedem Gebirgsjoche aber unterscheidet man den Joch rücken, den Fuss und die Joch gehänge, und diese letzteren als Seiten gehänge und End gehänge. Es versteht sich von selbst, dass die Gehänge der Jöcher mit denen der Thäler identisch sind, und dass ihre verschiedene Benennung sich danach richtet, ob sie zunächst auf ein Thal oder auf ein Joch bezogen werden. Die beiden Seitengehänge eines und desselben Joches gehören allemal zu zweien verschiedenen Thälern, und eben so gilt diess umgekehrt.

Die Thäler und die Jöcher bilden nun die besonderen Glieder eines jeden Gebirges; aber ihre Verhältnisse sind in aller Hinsicht entgegengesetzt. Die Thäler erscheinen als Concavitäten, die Jöcher als Convexitäten des Gebirges; die Verzweigungen der Thäler verlaufen von unten nach oben, die Verzweigungen der Jöcher von oben nach unten; der Stamm eines Thalsystemes liegt daher am Fusse, der Stamm eines Jochsystemes am Rücken des Gebirges; die Thäler werden in der Regel*) immer breiter nach unten, immer schmäler nach oben; bei den Jöchern pflegt es sich gewöhnlich umgekehrt zu verhalten. Und so lassen sich noch manche andere Gegensätze in den Verhältnissen der beiderlei Formen nachweisen.

§. 111. *Haupt- und Neben-Thäler und Jöcher, Profile.*

Um die zahlreichen Thäler und Jöcher eines Gebirges besser übersehen zu können, pflegt man sie folgendermaassen einzutheilen. Hauptthäler nennt man diejenigen Thäler, welche sich vom Rücken bis zum Fusse des Gebirges, und weiter hinaus, erstrecken. Alle übrigen Thäler sind Nebenthäler, und zerfallen in Nebenthäler verschiedener Ordnungen. Jedes zwischen zwei zunächst liegenden Hauptthälern eingeschlossene, und daher gleichfalls vom Rücken bis zum Fusse des Gebirges fortlaufende Joch heisst ein Hauptjoch. Als Nebenthal der ersten Ordnung pflegt man ein Thal zu bezeichnen, welches auf dem Rücken

*) Denn allerdings giebt es viele Thäler, welche in ihrem Ausgange zu ganz engen Schluchten verschmälert sind. Nirgends ist wohl diese Erscheinung in einer auffallenderen Weise ausgebildet, als in den weiten Thälern von Neu-Südwales, welche meist als ganz enge, kaum zugängliche Schlünde aus dem Gebirge heraustreten.

eines Hauptjoches beginnt, und in einem Hauptthale endigt. Die zwischen zwei Nebenthälern der ersten Ordnung enthaltenen Jöcher heissen Nebenjöcher der ersten Ordnung; was nun Nebenthäler und Nebenjöcher der zweiten Ordnung, der dritten Ordnung u. s. w. sind, diess bedarf keiner weiteren Erklärung.

Man hat auch die Nebenthäler als innere, mittlere und äussere unterschieden. Die inneren Nebenthäler beginnen unmittelbar am Gebirgsrücken, setzen aber nicht bis an den Fuss des Gebirges, sondern nur bis in ein Hauptthal fort; die mittleren Nebenthäler haben ihren Anfang auf dem Rücken eines Hauptjoches und ihren Ausgang in einem Hauptthale; die äusseren Nebenthäler endlich entspringen gleichfalls auf dem Rücken eines Hauptjoches, erreichen aber den Fuss des Gebirges, ohne erst in ein Hauptthal zu münden.

Wie der Gebirgsrücken, so lässt sich auch jedes Joch und jedes Thal durch Profile darstellen, welche als Längenprofile und Querprofile unterschieden werden. Das Längenprofil eines Joches stellt zunächst den Verlauf des Jochrückens dar, und die Längenprofile aller Hauptjöcher verschaffen uns die richtigste Vorstellung von den Verhältnissen des Abfalls oder der allgemeinen Böschung eines Gebirges. Das Längenprofil eines Thales stellt zunächst den Verlauf der Thalsohle dar, und die Längenprofile aller Hauptthäler verschaffen uns die richtigste Vorstellung von den Verhältnissen des Wasserlaufes eines Gebirges.

Am meisten zu empfehlen sind diejenigen Thalprofile, in welchen nicht nur die Sohle des darzustellenden Thales, sondern auch zugleich die Rücken der beiden einschliessenden Jöcher aufgenommen sind; eben so sind diejenigen Jochprofile die zweckmässigsten, in welchen ausser dem Rücken des darzustellenden Joches auch noch die Sohlen der beiden einschliessenden Thäler angegeben sind. Dergleichen Längenprofile, verbunden mit einigen Querprofilen, gewähren eine sehr richtige Vorstellung von den Verhältnissen der Gebirgsthäler und Gebirgsjöcher.

§. 112. *Gliederung des Gebirgsrückens und der Gebirgsjöcher.*

Von den allgemeinen Verhältnissen des Gebirgsrückens ist bereits oben in §. 105 die Rede gewesen. Auf die besonderen Verhältnisse seiner Reliefform, welche schon beiläufig in §. 109 erwähnt wurden, müssen wir hier nochmals zurückkommen. Sie werden durch die Abwechslung von Höhen und Tiefen bedingt, welche zuweilen als so sanfte Anschwellungen und Einsenkungen ausgebildet sind, dass der Gebirgsrücken nur sehr unbedeutende Undulationen zeigt. Dagegen können aber auch die

auf dem Gebirgsrücken liegenden Gipfel und Pässe sehr auffallende Protuberanzen und Depressionen in dem Längenprofile desselben veranlassen.

Diese Gebirgs**gipfel** erscheinen daher bald als sanft gewölbte, bald als schroff ausgezackte Protuberanzen, welche in verschiedenen Gebirgsgegenden mit mancherlei, ihrer verschiedenen Physiognomie entsprechenden Namen bezeichnet werden. Dahin gehören die teutschen Namen: Berg, Kuppe, Kopf, Kegel, Kogel, Stein, Horn, Nadel u. a.; die französischen Namen: *ballon*, *puy*, *pic*, *dent*, *aiguille* u. a.

Die Gebirgs**pässe** oder Gebirgssattel liegen gewöhnlich an solchen Stellen, wo ein diesseitiges und ein jenseitiges Thal mit ihren Anfängen zusammenfallen. Sie erscheinen bald als sanfte Ausbuchtungen, bald als tiefe Ausschnitte des Gebirgsrückens, bisweilen als förmliche Scharten, so zumal, wenn sie zwischen zwei steilen Gipfeln eingesenkt sind, in welchem Falle sie selbst sehr schroff und eng sein können, und wohl auch Engpässe genannt werden*). In Gebirgen, welche weit über die Schneegränze hinaufragen, sind die höheren Pässe mit ewigem Schnee oder mit Gletschern erfüllt, wodurch ihre Passage zu gewissen Jahreszeiten mehr oder weniger beschwerlich und gefährlich werden kann.

Ueberhaupt aber zeigen die höheren Gebirge, welche über die Gränze der Baum-Vegetation und in das Gebiet des ewigen Schnees hinein reichen, eine ganz eigenthümliche Physiognomie des Gebirgsrückens. Nacktes, hier und da mit verkümmertem Strauchwerk und mit Alpenpflanzen bedecktes Gestein wechselt mit Schneeflecken, unter welchen Wasserriesel und Giessbäche hervorbrechen; die steileren Abhänge aller Gipfel sind an ihrem Fusse mit Halden von Felsschutt überlagert, oder mit Schneelähnen bedeckt; der flachere Felsgrund ist nach Maassgabe seiner Beschaffenheit bald aufgeblättert und zerborsten durch Verwitterung und Frost, bald abgeschliffen oder in tausend gewundene Canäle und scharfe Grate zerschnitten durch ehemalige Gletscher und Wasserstürze. Weiter hinauf vereinigen sich die Schneeflecke zu grossen Schnee- und Firnfeldern, deren in Schluchten hinabhängende Ausläufer als Gletscher endigen. Ganz vorzüglich aber sind die, **zwischen** der Vegetationsgränze und der Schneegränze gelegenen Regionen als wahre Felsen-Wüsteneien charakterisirt, daher sie auch in manchen Gegenden der Alpen sehr passend das **todte** Gebirge genannt werden**).

In niedrigeren Gebirgen, welche zwar nicht bis an die Schneegränze, aber doch bis an die Gränze des Waldwuchses reichen, pflegen die Gipfel kahl und steinig, die breiteren Theile des Gebirgsrückens aber mit schwammigen

*) Doch wird dieser Name auch für Contractionen der Thäler gebraucht.

) Man lese die herrliche, wahrhaft poëtische und doch höchst naturgetreue Schilderung, welche v. **Simony von dem todten Gebirge der Norischen Alpen giebt; in den Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften, Bd. I, 1847, S. 215 ff.

Moorflächen bedeckt zu sein, welche nicht selten die Zwergkiefer in dicht verschlungenen Gebüschen überzieht.

Der Rücken der niedrigsten Gebirge endlich erscheint theils mit Wald bestanden, theils mit Moorgrund erfüllt, theils ist er durch die Cultur in Angriff genommen und in einen wenig ergiebigen, steinigen Feldboden umgewandelt worden.

In den Gebirgsjöchern wiederholen sich die Formen und Verhältnisse des Gebirgsrückens in kleinerem Maassstabe. So hat der Jochrücken, als der oberste Theil eines jeden Joches, seine Wasserscheide, seine Gipfel und seine Pässe, so gut wie der Gebirgsrücken. Diese Gipfel werden wohl auch zuweilen Abfallskuppen genannt, weil sie auf dem Abfalle des Gebirges liegen; übrigens aber gelten für sie dieselben Benennungen, wie für die Gebirgsgipfel. Sie erscheinen bisweilen als Jochknoten, indem von ihnen eine weitere Gliederung des Joches, eine Verzweigung desselben ausgeht, welche bald nur zweitheilig bald büschelförmig nach mehren Richtungen zugleich Statt findet. Mitunter ist der ganze Rücken eines Joches als ein schroffer und scharf ausgezackter Felsenkamm ausgebildet; doch pflegt diess nur bei Nebenjöchern vorzukommen.

Verfolgt man die Verzweigungen eines Joches bis gegen ihre äusserste Gränze, so findet man, dass weiterhin die Gliederung der Nebenjöcher nicht mehr durch eigentliche Thäler, sondern nur durch Schluchten, d. h. durch kürzere und enge, steil abfallende Einschnitte gebildet wird. Als die letzten Concavitäten der Jochgehänge erscheinen endlich ganz kurze, mehr oder weniger steile Einschnitte, welche Schrunden oder Tellen genannt werden, je nachdem sie grabenförmig und schroff eingerissen, oder muldenförmig und sanft ausgebuchtet sind.

§. 113. *Berge und Hügel.*

Die zwischen je zwei benachbarten Schluchten, Schrunden oder Tellen enthaltenen, mehr oder weniger weit vorspringenden, und mehr oder weniger hoch aufragenden, durch ihre Form gewissermaassen isolirten Convexitäten der Jöcher bezeichnet man insgemein als Berge, und unterscheidet an ihnen den Gipfel, den Fuss und die Abhänge. Sie sind die letzten Glieder, welche in der Dismembration der Gebirgsjöcher unterschieden zu werden pflegen, und erscheinen unter sehr manchfaltigen Formen, deren Beschreibung in jedem besonderen Falle dem Beobachter überlassen bleiben muss.

Eben so verschieden wie die Form ist aber auch die Stellung der Berge; bald erscheinen sie als laterale, bald als terminale Vorsprünge der

Jochgehänge, bald als Protuberanzen des Jochrückens. Ueberhaupt wird das Wort Berg in der Sprache der Geographie wie des gemeinen Lebens sehr verschiedentlich gebraucht, und es ist daher nöthig, hier noch eine Bemerkung darüber einzuschalten.

Ganz allgemein versteht man nämlich unter einem Berge eine jede mehr oder weniger scharf begränzte, über ihre nächsten Umgebungen bedeutend hervortretende, aber sowohl in horizontaler als verticaler Richtung nur wenig gegliederte Protuberanz der Erdoberfläche. Ist die nächste Umgebung flach, so wird der Berg als eine allseitig aufsteigende Protuberanz erscheinen, und diess ist die gewöhnlichste Vorstellung, welche man sich von einem Berge macht; eine Vorstellung, welcher auch die auf den Gebirgsrücken und Jochrücken aufragenden Gipfel entsprechen. Wird aber die nächste Umgebung von einer Thalsohle und einem Jochgehänge gebildet, so wird der Berg in Bezug auf die erstere als eine aufragende, in Bezug auf das zweite als eine vorspringende Protuberanz erscheinen. Das Vorkommen von Bergen ist daher keineswegs auf die Gebirge beschränkt, wenn sie auch dort am häufigsten auftreten; vielmehr finden sich manche durch ihre Isolirung und Stellung besonders eminente Berge in den Tiefländern und Ebenen, wo sie theils sporadisch, theils gruppenweise angetroffen werden. Besitzt eine solche Protuberanz nur eine sehr unbedeutende eigenthümliche Höhe, so nennt man sie einen Hügel, ohne dass sich jedoch eine bestimmte Höhe als die Gränze angeben liesse, wo der eine Begriff anfängt, und der andere aufhört. Denn auch dieser Unterschied ist sehr relativ und unbestimmt, und im Flachlande werden oft schon Erhebungen von kaum 100 F. individueller Höhe als Berge bezeichnet, während umgekehrt im Gebirge bisweilen recht ansehnliche Berge noch als Hügel benannt werden.

Zu den wichtigsten und bedeutendsten Bergen, als isolirten und selbständigen Reliefformen der Erdoberfläche, gehören auch die Vulcane, von welchen die gröseren, wie z. B. der Aetna, der Pic von Teneriffa u. a. als förmliche Massengebirge (§. 104) gelten können. Sie sind jedoch schon vom blos geographischen Gesichtspuncte aus nach ihrer Form, Stellung und Gruppirung als so ganz eigenthümliche Erscheinungen zu betrachten, dass von ihnen weiter unten noch besonders gehandelt werden soll.

§. 114. *Quer- und Längenthäler, Thalengen und Thalweitungen.*

Die Thäler haben selten auf grössere Strecken hin einen geradlinigen Verlauf; gewöhnlich zeigen sie mancherlei Krümmungen und Win-

dungen, zuweilen selbst winkelartige Biegungen, welche Verhältnisse sich am leichtesten in der allgemeinen Richtung des Wasserlaufes zu erkennen geben. Indessen wird man auch bei krummlinigem und gewundenem Verlaufe für jedes Thal, oder doch wenigstens für jede grössere Strecke desselben eine mittlere Richtung, als die Normaldirection seines Verlaufes bestimmen können. Vergleicht man nun diese mittlere Richtung eines Thales mit der Richtung des Gebirgsrückens, so gelangt man auf den Unterschied der Querthäler, Längenthäler und Diagonalthäler.

Querthäler oder Transversalthäler sind nämlich solche Thäler, deren mittlere Richtung auf jener des Gebirges ungefähr rechtwinkelig ist; Längenthäler oder Longitudinalthäler solche, deren mittlere Richtung mit jener des Gebirgsrückens ungefähr parallel ist; Diagonalthäler endlich kann man diejenigen nennen, deren Richtung weder transversal noch longitudinal, sondern irgend eine mittlere ist. Uebrigens kann ein und dasselbe Thal in verschiedenen Strecken eine sehr verschiedene Richtung haben; besonders häufig kommt es vor, dass ein Thal in seiner oberen Strecke als Längenthal ausgebildet ist, während es in seinem weiteren Verlaufe plötzlich umbiegt, und als Querthal fortsetzt. Die Längenthäler sind es vorzüglich, welche sich oft durch einen recht geradlinigen Verlauf auszeichnen, daher man in ihnen bisweilen sehr weit sowohl thalaufwärts als thalabwärts sehen kann.

Durch den gegenseitigen Abstand der beiden Gehänge eines Thales bestimmen sich die Thalengen und Thalweitungen. Die Thalengen sind solche Thalstrecken, in welchen die Gehänge sehr nahe zusammentreten und beiderseits vom Thalwasser nur wenig entfernt sind; Thalweitungen dagegen solche Thalstrecken, in welchen die Gehänge weit auseinander treten, und wenigstens eines derselben (bald das rechte, bald das linke) vom Thalwasser bedeutend entfernt ist. Die Thalsohle ist daher schmal in den Thalengen, breit in den Thalweitungen, und erscheint in jenen nicht selten blos auf das Flussbett reducirt, während sie sich in diesen bisweilen wie eine Ebene auf beiden Seiten des Flussbettes ausdehnt. Die meisten Thäler zeigen in ihrem Verlaufe eine Abwechslung von bassinähnlichen Thalweitungen und canalähnlichen Thalengen, welche letztere entweder als weit fortsetzende Thalschlünde, oder auch nur als kurze Thalkehlen ausgebildet sind. In den Thalweitungen sind bisweilen Seen anzutreffen, welche ursprünglich in den meisten dieser Weitungen existirt haben mögen. Die Thalengen aber mögen ihr Dasein theils den gewaltsamen Durchbrüchen solcher Seen, theils der allmäligen und immer rückwärts schreitenden Wirkung von Wasserfällen zu verdanken haben.

Diese thalbildende Wirkung der Wasserfälle ist eine der merkwürdigsten Erscheinungen, welche uns zugleich über die ausserordentlich grossen Zeiträume belehrt, deren die Natur zur Bildung mancher Thäler bedurfte. Eines der interessantesten Beispiele liefert der Niagarafall zwischen dem Erie- und Ontario-See. Der Eriesee liegt auf einer Hochebene, welche aus fast horizontalen Schichten von Kalkstein und Schieferthon besteht, und etwa 330 Engl. F. über der tieferen Ebene des Ontariosees aufsteigt, gegen welche sie bei Leviston mit einem steilen Absturze endigt. Die aus dem Eriesee abfliessenden Wasser des Niagara bildeten ursprünglich einen Wasserfall am Rande der Hochebene, bei Leviston selbst; allein die durch den Sturz der Wassermassen unterwaschenen Kalksteinschichten brachen zusammen, ihre Trümmer wurden fortgeschwemmt, und so ist der Niagarafall im Laufe der Zeiten 7 Engl. Meilen zurückgegangen, während er zugleich ein eben so langes, 300 F. tiefes, und 400—800 F. breites Felsenthal mit schroffen Gehängen aushöhlte. Seit 1790 bis 1830 ist der Niagarafall alljährlich nach Bakewell 2 F., nach Lyell 1 F. zurückgegangen. Wenn also dieses Rückwärtsschreiten immer in demselben Maasse von 1 F. jährlich Statt gefunden hat, so würden 35000 Jahre erforderlich gewesen sein, um den Wasserfall von Leviston bis an seine jetzige Stelle zu versetzen, und den Thalschlund des Niagara auszubilden. Dieselbe Erscheinung des allmäligen Zurückweichens der Wasserfälle und der dadurch verursachten Bildung von Thalschlünden ist auch an anderen Flüssen Nordamerikas bekannt. In Europa zeigt die Narva ein ähnliches Verhältniss, indem ihre Wasserfälle immer mehr stromaufwärts gegen den Peipussee zurückgehen, und das Thal immer weiter rückwärts vertiefen.

§. 115. *Verlauf der Thalgehänge; Thalsporne, Thal- und Uferterrassen.*

Nach ihrer verschiedenen Böschung werden die Gehänge als sanfte, steile, schroffe, senkrechte Gehänge unterschieden, was keiner weiteren Erläuterung bedarf. Allein selten steigt ein Gehänge von der Sohle des Thales bis zur Höhe des Joches unter demselben Böschungswinkel auf; vielmehr ist dieser Winkel in der Regel sehr veränderlich, so dass das Untergehänge, das Mittelgehänge und das Obergehänge in dieser Hinsicht eine grosse Verschiedenheit zeigen können. Bald bildet das unmittelbar aus der Thalsohle aufsteigende Untergehänge schroffe, ja fast senkrechte Wände, während das Obergehänge nur als ein mehr oder weniger steiler Abhang erscheint; bald findet das Gegentheil Statt, indem das Untergehänge sanft ansteigt, und das Obergehänge einen grösseren Steilheitsgrad besitzt. Die Manchfaltigkeit ist in dieser Hinsicht so ausserordentlich gross, dass gar keine allgemeine Regeln aufgestellt werden können.

Was den horizontalen Verlauf der Gehänge betrifft, so ist derselbe nur selten auf grössere Strecken geradlinig; am ehesten kömmt diess in Längenthälern, sowie in den spaltenähnlichen Thalschlünden mancher

Querthäler vor. In der Regel zeigen sie einen mehr oder weniger undulirten Verlauf, eine Abwechslung von aus- und einspringenden Winkeln, von Bergen und Schluchten, überhaupt von Convexitäten und Concavitäten, welche, wenn sie an dem Gehänge sehr weit heraus- oder hineintreten, Thalvorsprünge und Thalwinkel oder Thalbuchten genannt werden.

In den Thalengen, sowie überhaupt in den engeren Querthälern, pflegen diese abwechselnden ein- und ausspringenden Winkel beider Gehänge einander gegenseitig zu correspondiren, so dass jedem Thalvorsprunge des einen Gehänges ein Thalwinkel des andern Gehänges gegenüber liegt; was zuerst von Bourguet hervorgehoben, aber zu allgemein geltend gemacht worden ist, indem solche Correspondenz keinesweges als eine Regel ohne Ausnahmen betrachtet werden kann. Gar nicht selten strecken sich die Thalvorsprünge als lange schmale Felsenkämme weit hinaus, und nöthigen das Thalwasser zu einem grossen Umwege; ja bisweilen ist ein Vorsprung durch so schmale Felsenmassen an das Gehänge angeschlossen, dass das Thalwasser unterhalb desselben sehr nahe an denjenigen Punct zurückgelangt, an welchem es oberhalb abgelenkt wurde. Dergleichen weit ausgreifende Thalvorsprünge hat man wohl auch Thalsporne genannt.

An jedem Thalvorsprung oder Thalsporn unterscheidet man die Oberseite oder Stossseite, welche thalaufwärts, die Unterseite oder Leeseite, welche thalabwärts gewendet ist, und den Kopf oder die Spitze, wo sich beide Seiten vereinigen. An der Oberseite der Thalvorsprünge, sowie in den angränzenden Thalwinkeln pflegen die Gehänge sehr steil und felsig zu sein, wogegen sie an der Unterseite der Vorsprünge, zum Theil auch an der Spitze derselben, flacher abfallen. Diese Verschiedenheit ist wesentlich darin begründet, dass an der Oberseite der Thalvorsprünge die Prallstellen des Thalwassers liegen, während solches durch die Spitze von der Unterseite abgelenkt und zum Anprall an das gegenüberliegende Ufer genöthigt wird. Man hat daher bei geognostischen Untersuchungen der Thäler vorzüglich diese Prallstellen des Stromlaufes oder die Oberseiten der Thalvorsprünge und Thalspornen zu berücksichtigen, weil man dort anstehendes Gestein selbst in solchen Thälern erwarten kann, welche ausserdem sehr wenige Entblösungen des Felsgrundes zeigen.

Während in den canalförmigen Thalengen die Gehänge gewöhnlich steil abfallen, die Thalsohle selbst aber oft so schmal ist, dass neben dem Thalwasser nur wenig Raum übrig bleibt, so zeigen die bassinförmigen Thalweitungen ganz entgegengesetzte Verhältnisse. Die Thalsohle gewinnt in ihnen eine ansehnliche Breite, und die Gehänge fallen

wenigstens da, wo das Thalwasser ihren Fuss nicht bespült, sanfter gegen die Thalsohle ab. In den grösseren Bassins ist diese Thalsohle fast horizontal ausgedehnt, und zwischen ihr und den Thalgehängen treten öfters longitudinale breite Terrassen als Verbindungsglieder auf, welche am Fusse der Gehänge hinziehen, bald einfach, bald mehrfach über einander, indem sich immer eine auf der anderen erhebt, während jede einzelne eine fast horizontale Oberfläche und einen mehr oder weniger steilen Abhang gegen das Thalwasser hin besitzt. Diese Terrassen, so wie der Untergrund der Thalsohle selbst bestehen meist aus lockerem zusammengeschwemmten Gebirgsschutt, aus Geröllen, Grus, Sand, Lehm, und sind daher an solchen Stellen, wo ein Nebenthal in das Thalbassin einmündet, gewöhnlich tief und weit ausgerissen, indem dort ihr Material bis zur Ebene der Thalsohle fortgeschwemmt wurde*).

Mit diesen breiten der Thalsohle aufgelagerten Terrassen, als den Ueberresten ehemaliger Bodensedimente des Bassins, dürfen die alten Uferterrassen nicht verwechselt werden, welche an den Gehängen mancher Thäler theils einzeln, theils mehrfach über einander vorkommen, und im letzteren Falle einen sehr auffallenden Parallelismus ihres in der Regel völlig horizontalen Verlaufes beobachten; weshalb sie auch von Pennant, Macculloch u. a. Englischen Geologen *parallel roads* genannt worden sind. Sie haben gewöhnlich eine geringe Breite, bestehen grösstentheils aus allerlei grobem und feinem Gesteinsschutt des über ihnen aufragenden Gehänges, und sind offenbar am Ufer eines, ehemals bis zu ihrer Höhe reichenden Landsees gebildet worden, indem der, im Laufe der Zeiten bis an und unter den Wasserspiegel theils herabstürzende, theils herabgeschwemmte Gesteinsschutt vom Wellenschlage bearbeitet, hin und her, auf und nieder gerollt und in eine solche horizontal fortlaufende Terrasse ausgebreitet wurde. Wenn sich später durch irgend ein Ereigniss der Wasserstand des Sees bedeutend erniedrigte, so bildete sich eine zweite, tiefere Uferterrasse aus; eben so konnte durch eine Wiederholung ähnlicher Ereignisse eine dritte, noch tiefere Terrasse entstehen, u. s. w. So kennt man z. B. in Glen Roy in Schottland drei dergleichen alte Uferterrassen, welche von oben nach unten 82 und 212 Engl. Fuss unter einander liegen, und 10 bis 70 F., gewöhnlich etwa 60 F. breit sind. Wo steile Felswände oder neuere Schluchten liegen, da sind sie natürlich unterbrochen. Seit Macculloch zuerst, im Jahre 1817, diese Uferterrassen von Glen Roy und Glen Gloy beschrieb, sind ähnliche Erscheinungen auch in anderen Gegenden nachgewiesen worden. Sehr häufig kommen dergleichen, theils durch Geröllmassen, theils durch Muschel-Ablagerungen bezeichnete Uferterrassen an den Meeresküsten vor, wo sie aber nicht durch ein Sinken des Meeresspiegels, sondern durch eine Erhebung des Landes zu erklären sind.

*) Ueber diese Terrassen der Thäler vergl. besonders *Boubée* im *Bull. de la soc. géol., t. IV, p.* 376 ff. und *Martins*, ebendaselbst, *t. XIII, p.* 322 ff.

§. 116. *Neigung der Thalsohle, Thalanfänge, Thalstufen, Thaldämme.*

Die Neigung der Thalsohle ist es, durch welche das Gefälle des Thalwassers bestimmt wird; sie kann vom Anfange bis zum Ende eines Thales sehr verschiedene Werthe haben, pflegt aber in den Längenthälern weit geringer und gleichmässiger zu sein, als in den Querthälern, wo sie nicht nur wiederholten und bedeutenden Wechseln unterliegt, sondern auch um so stärker hervortritt, je kürzer das Querthal ist. Da nun die meisten Gebirge einen breiteren, sanfter geneigten, und einen kürzeren, steileren Seitenabfall haben, so werden auch die beiderseitigen Querthäler auffallend verschiedene Verhältnisse der Länge und des Gefälles zeigen.

Die obersten Anfänge der Thäler sind bisweilen ziemlich flach, zumal wenn der Gebirgsrücken selbst sehr breit und flach ausgedehnt ist, so dass die Wasser anfangs auf fast horizontalen moorigen Flächen oder aus weitgedehnten Schneefeldern von allen Seiten zusammen rieseln, bevor sie in breiten flachen Schluchten zu fliessen beginnen. Allein bei sehr schmalen Gebirgsrücken, oder auch auf der Seite des steileren Abfalls eines Gebirges und in den höheren Gebirgen überhaupt, da pflegen auch die Anfänge der Thäler sehr steil zu sein, so dass sie sogleich mit schroffen, bisweilen fast senkrechten Wänden von mehren 100 oder 1000 F. Höhe eingerissen sind. Dergleichen schroffe Thalanfänge sind nicht selten hufeisenförmig gekrümmt oder kesselartig ausgeweitet, so dass sie als förmliche Kesselthäler erscheinen, deren Wände von steilen Schrunden durchfurcht werden, zwischen welchen noch steilere Felsengrate herablaufen. Die von den höheren Regionen zufliessenden oft unter Schneelagern oder Hängegletschern hervorbrechenden Wasser stürzen von allen Seiten als Wasserfälle über die Wände solcher Kesselthäler, und vereinigen sich erst in der Sohle derselben zu einem einzigen Bache.

Das von Saussüre beschriebene Anzascathal, am Fusse des Montrosa, gewährt ein grossartiges Beispiel für diese Ausbildungsweise der Thalanfänge, indem es einen Circus von mehr als 2 Stunden Durchmesser, mit 6000 bis 7000 F. hohen Wänden darstellt. Ueberhaupt liefern die Alpen zahlreiche Beispiele der Art. Auch in den Pyrenäen und in Norwegen finden sich solche kesselförmige oder halbkesselförmige Thalanfänge gar nicht selten. So beginnt z. B. in den Pyrenäen das Thal von Barèges mit der Oule de Gavarnie, einem felsigen Kesselthale, welches durch die Steilheit und Geschlossenheit seiner Wände einen äusserst imposanten Anblick gewähren soll. Das Thal der Driva auf Dovrefjeld beginnt am Gipfel des Snöhättan mit einem hufeisen-

förmigen Ausschnitte dieses Berges von fast 2000 F. Tiefe. Das Sundthal in Nordfjord ist gleich anfangs als ein schroffes Kesselthal eingerissen, an dessen Wänden man gegen 2000 F. hinabklimmen muss, bevor man den Wiesengrund erreicht. Auch die in den Vogesen, vom ballon d'Alsace und vom Hohneck auslaufenden Thäler zeigen eine ganz ähnliche Ausbildung.

Als ein paar sehr wichtige Formen in der Ausbildung der Thalsohle sind die Thalstufen und Thaldämme zu erwähnen. Wo nämlich die Thalsohle plötzlich eine sehr starke Neigung erhält, da bildet sich eine Thalstufe oder ein Thalabsturz aus; eine Form, welche gewöhnlich durch einen Wasserfall oder eine Katarakte bezeichnet wird, je nachdem die Stufe sehr kurz und fast senkrecht, oder länger und weniger steil ausgebildet ist. Diese Thalstufen kommen besonders in Querthälern vor, von welchen die grösseren nicht selten mehre Stufen über einander erkennen lassen, die durch sanft geneigte Thalstrecken von einander getrennt werden. Oft stürzt auch ein Nebenthal mit einer solchen Stufe in das Hauptthal hinab; (Thal von Gastein, Thal von Rosenlaui).

Von einem allgemeineren Gesichtspuncte aus würden sich auch die in den Querthälern zwischen den Thalweitungen auftretenden Thalengen mit unter den Begriff der Thalstufen bringen lassen, weil in ihnen stets ein weit stärkeres Gefälle Statt findet, als in den Thalweitungen; was zumal dann sehr auffallend ist, wenn sie als Thalschlünde ausgebildet sind, durch welche nicht selten das Thalwasser in einem wahren Kataraktenlaufe dahinbraust. Indessen pflegt man wohl nur die kürzeren und steileren Thalschlünde noch mit in die Kategorie der Thalstufen zu ziehen.

Wo die Thalsohle ein negatives, d. h. thalaufwärts gerichtetes Gefälle annimmt, da entstehen Thaldämme oder Thalriegel, welche allemal einen Thalsee über sich liegen haben, wenn sie nicht schon durchbrochen sind. Diese Thaldämme sind bald sehr flach, bald ragen sie als hohe und mächtige Felsenwälle auf, deren Durchbrüche gewöhnlich als sehr enge, spaltenähnliche Schlünde ausgebildet sind.

Im Thale der Salza oberhalb Golling verbindet ein mächtiger Riegel von Kalkstein beide Gehänge, so dass die Strasse nach Werfen hoch aufsteigt, und dann wieder tief abfällt gegen den Luegpass. Die Salza hat sich einen tiefen, engen Abzugscanal mit senkrechten, stellenweise sogar überhängenden Wänden (die sogenannten Oefen) durch den sehr festen Kalkstein gearbeitet. Noch grossartiger ist der Thaldamm, welcher im Berner Oberlande das Aarthal oberhalb Meyringen versperrt, und an dessen nördlichem Ende die Aar wie durch eine tiefe Spalte ausfliesst. Der mächtige Thaldamm, welcher im Canton Unterwalden den Lungerner See aufdämmt, ist bekanntlich mit einem Stolln durchfahren worden, wodurch das Niveau des Sees bedeutend erniedrigt

und viel Land trocken gelegt worden ist. Ueberhaupt sind die Alpen sehr reich an diesen und anderen hierher gehörigen Erscheinungen.

Endlich sind noch, als eine in manchen Thälern vorkommende auffallende Erscheinung die Thalberge und Thalhügel, d. h. die isolirten und bisweilen recht steilen Berge und Hügel zu erwähnen, welche mitten aus der Thalsohle aufragen, und gewöhnlich nur auf einer Seite, selten auf beiden Seiten vom Thalwasser umflossen werden. Dahin gehören z. B. im Elbthale bei Meissen der Spaarberg und der Berg von Niederfehra, im Elsterthale der Greizer Schlossberg, im Salzathale der Mönchsberg bei Salzburg, im Murthale der Schlossberg von Graz, im Rhonethale der Hügel von St. Triphon.

§. 117. *Schwemmkegel, Sturzkegel, Uferdämme.*

Eine in allen Thälern und Schluchten gar häufig und in den verschiedensten Grössenverhältnissen vorkommende Erscheinung bilden diejenigen Ablagerungen von Gebirgsschutt, welche man unter dem allgemeinen Namen Schuttkegel zusammenfassen und, nach Maassgabe ihrer verschiedenen Entstehung, als Schwemmkegel und Sturzkegel unterscheiden kann.

Wo nämlich Nebenthäler oder Schluchten, Schrunden oder Tellen, mit etwas starkem Gefälle oder wohl gar mit einem steilen Absturze in ein Thal einmünden, da zeigt die Thalsohle gewöhnlich eine mehr oder weniger auffallende Erhöhung. Diese Erhöhungen haben in der Regel die Form eines Kegelabschnittes, dessen Spitze an der Einmündungsstelle des Nebenthales, und dessen Basis in der Sohle des Hauptthales liegt. Man kann sie also wegen dieser ihrer Form und wegen der Art und Weise ihrer Ausbildung Schwemmkegel nennen*).

Die Dimensionen dieser Schwemmkegel sind einestheils von der Grösse des Seitenthales und des Hauptthales, anderseits von dem Gefälle und der Lage seiner Ausmündung abhängig; jene bestimmen die horizontalen, diese die verticalen Dimensionen des Kegels. Bei kleinen

*) Deluc hat sie schon unter dem Namen *cônes* beschrieben; (*Lettres sur l'histoire de la terre, II, p.* 67). Yates nannte sie *obtuse cones*, und unterschied sie von den Sturzkegeln oder den *acute cones* (*Remarks on alluvial deposits*, in *The Edinb. new phil. Journal*, *vol. XI*, 1831, *p.* 1 ff.). Surell beschrieb sie als *lits de déjection;* Elie de Beaumont als *talus d'entrainement* (*Mém. pour servir à une descr. géol. de la France*, *t. IV*, *p.* 159) und Martins als *deltas inclinés* oder *cônes d'éboulement* (*Bull. de la soc. géol.*, *t. XIII*, 1842, *p.* 322).

Nebenthälern oder Schluchten sind sie gewöhnlich sehr klein, bei grossen Nebenthäler aber bisweilen so ausgebreitet, dass ganze Ortschaften und viele Fluren auf ihnen Platz finden.

In der Regel sind die grösseren Kegel sehr flach, so dass es wohl zuweilen einiger Aufmerksamkeit bedarf, um sie nicht zu übersehen; die kleineren dagegen können an der Mündung steiler Schluchten eine bedeutende Steilheit erreichen. Der Neigungswinkel der grösseren Schwemmkegel schwankt gewöhnlich zwischen 5 und 10°; kleinere fallen wohl zuweilen bis unter 16° Neigung ab. Wie verschieden aber auch ihre Formen und Dimensionen sein mögen, so liegt ihnen doch immer eine und dieselbe Ursache zu Grunde, indem sie nichts Anderes, als Massen von Gebirgsschutt sind, welche aus dem Seitenthale durch das Wasser herabgeschwemmt, und in der Sohle des Hauptthales aufgeschüttet und ausgebreitet wurden. Daher fehlen sie auch, wenn das Thalwasser des Hauptthales dicht an der Ausmündung des Seitenthales vorbeiläuft, oder wenn dieses letztere mit sehr breiter und flacher Sohle in das Hauptthal einmündet.

Gewöhnlich hat sich das Thalwasser des Seitenthales mitten durch den Schwemmkegel einen mehr oder weniger tiefen Einschnitt ausgewühlt, welcher bisweilen eine förmliche Schlucht mit sehr steilen Wänden bildet, in denen die zusammengeschwemmten Schichten deutlich entblösst sind. Uebrigens finden sich diese Schwemmkegel auch sehr ausgezeichnet an den Ufern mancher Gebirgsseen, da wo eine Schlucht oder ein Seitenthal in den See ausmündet, und dann ergiebt sich ihre nahe Verwandtschaft mit den Deltabildungen der Ströme und Flüsse.

Unmittelbar an diese Schwemmkegel schliessen sich durch ihre Form und Entstehungsart die Sturzkegel an; jene kegelförmigen Anhäufungen von herabgestürztem Gebirgsschutt, welcher, von steilen felsigen Gehängen durch Frost und Verwitterung, durch Lawinen, Regen- und Thauwasser losgetrennt, dem Zuge der Schwerkraft folgt, und an dem Fusse und untern Theile der Gehänge aufgeschüttet wird*). Jede Runse, jede Spalte, jede Kluft, wie sie so zahlreich an den schroffen Felsengehängen in der Fallrichtung ihres Abhanges herablaufen, liefert, besonders nach Regengüssen und während der Schneeschmelze, neues Material zu diesen Sturzkegeln, welche daher oft in grosser Anzahl neben einander den Untergehängen angelagert sind, und nicht selten am Fusse derselben stetig fortlaufende Böschungen bilden. Die Neigung dieser Sturzkegel

*) *Elie de Beaumont* bezeichnet sie als *talus d'éboulement;* a. a. O. S. 159.

beträgt gewöhnlich 30 bis 35°, steigt wohl in einzelnen Fällen bis zu 39°, und sinkt dagegen in anderen Fällen bis auf 22°, und darunter.

Da die Sturzkegel hauptsächlich aus lose über einander liegenden, scharfkantigen Steinen bestehen, äusserst steil und oft von aller Vegetation entblöst sind, dabei nicht selten hoch an dem Gehänge hinaufsteigen, so erschweren sie einerseits die geognostische Untersuchung der Thäler, indem die zwischen ihnen aufragenden Felswände gar nicht, oder doch nur äusserst mühsam erreicht werden können, anderseits gewähren sie den Vortheil, dass sie dem Beobachter Gesteinsproben von den höchsten und unzugänglichsten Puncten darbieten. Dass dursch sie sehr bedeutende Theile der Thalsohle verschüttet und aller Cultur entzogen werden, diess bedarf keiner Erwähnung. Die Schwemmkegel dagegen, welche nach ihrer ganzen Bildungsweise den Deltas so nahe stehen, liefern auch bisweilen einen recht culturfähigen Boden. Uebrigens haben sie einen bedeutenden Einfluss nicht nur auf den Lauf des Thalwassers, sondern auch auf die ganze Reliefbildung der Thäler. Oft wird das Thalwasser genöthigt, sich um den Fuss der Schwemmkegel herumzuwinden; bisweilen reichen die grösseren Schwemmkegel von dem einen Gehänge bis an das andere, so dass sich das Thalwasser mühsam durch den Fuss des Kegels Bahn brechen musste, und eine Schlucht einriss, deren eine Wand von dem Querbruche des Schwemmkegels, deren andere von der Felsenmauer des Gegengehänges gebildet wird. Selten werfen sich die Schwemmkegel thalabwärts in die Richtung des Hauptthales, und erfüllen dasselbe bis zu bedeutender Höhe; ein sehr ausgezeichnetes und grossartiges Beispiel der Art sah ich im obersten Anfange des Etschthales, von dessen linkem Gehänge, aus den Schluchten des Plangrankogels, ein gewaltiger Schwemmkegel herabstürzt, welcher nicht nur bis an das rechte Gehänge reicht, sondern auch thalabwärts bis gegen Glurns fast $^3/_4$ Meilen weit fortsetzt und das Thal in seiner ganzen Breite erfüllt; durch seine Massen ist die Etsch zu dem Heidesee aufgedämmt worden. — Nach Leblanc beträgt die Neigung der Sturzkegel in der Regel 35°.

Eine sowohl in kleineren Bachthälern als auch in grösseren Stromthälern nicht selten vorkommende Modification der Thalsohle sind die natürlichen Uferdämme oder Uferschwellen, welche das Thalwasser zu beiden Seiten einfassen. Sie pflegen bei stark abfallenden Gebirgsbächen aus gröberem Steingeröll, bei grösseren Flüssen dagegen aus feinerem Gebirgsschutt, aus Sand, Thon und Schlamm zu bestehen, und erscheinen bei jenen schmal und ziemlich steil, bei diesen breit und sehr flach abfallend. Sie werden allmälig durch das Wasser selbst gebildet, welches bei Fluthzeiten, mit vielem theils groben theils feinen Gebirgsschutt beladen und beiderseits über das Ufer austretend, einen grossen Theil dieses Schuttes am Uferrande niederfallen lässt, wo die Geschwindigkeit und fortschaffende Gewalt des Wassers sofort einer bedeutenden Verminderung unterliegt. Wenn diese natürliche Ufer-Erhöhung bis zu einem gewissen Grade gediehen ist, so strömt das Wasser wie zwischen künstlichen Dämmen hin, und kann wohl bei kleineren Fluthen sogar

einen höheren Stand gewinnen, als die Thalsohle, ohne doch dieselbe zu überschwemmen.

In den Thälern der höheren, über die Schneegränze aufsteigenden Gebirge bilden die Gletscher, und in den Thälern vulcanischer Regionen die Lavaströme langgestreckte, dem Laufe des Thales folgende Protuberanzen, welche gewöhnlich mit einem steilen Abhange endigen, und eine verschiedentlich gestaltete Oberfläche haben. Die Gletscher schieben wallähnliche Anhäufungen von Felsblöcken und anderem Gebirgsschutt, die sogenannten Moränen, vor sich her, welche in solchen Thälern, wo die Gletscher zurückgegangen oder vielleicht gänzlich verschwunden sind, als Zeugen ihrer früheren Ausdehnung oder ihres ehemaligen Vorhandenseins, in der Thalsohle aufragen. Eben so tragen die Gletscher auf ihrem Rücken longitudinale Anhäufungen von Gebirgsschutt, welche Gandecken oder Gufferlinien genannt werden, je nachdem sie am Rande oder in der Mitte hinlaufen.

C. Plateaus, Bergland, Hügelland, Tiefland.

§. 118. *Begriff der Plateaus.*

Ein Plateau oder eine Hochebene ist eine in verticaler Richtung sehr wenig gegliederte, daher geschlossene und stetig ausgedehnte Erhebung des Landes von bedeutenden horizontalen Dimensionen und bedeutenden, aber sehr gleichmässigen absoluten Höhen.

Aus dieser Definition, verglichen mit jener, welche in §. 103 von den Gebirgen gegeben wurde, erhellt sogleich der wesentliche Unterschied, der zwischen einem Gebirge und einem Plateau besteht. Bedeutende horizontale Ausdehnung und bedeutende absolute Höhe sind die Merkmale, welche beiden Reliefformen gemeinschaftlich zukommen; wobei in Betreff des Prädicates bedeutend auf die, zu Anfang des §. 103 stehende Bemerkung verwiesen und nur noch hinzugefügt werden mag, dass die mittlere Höhe eines wirklichen Plateaus oder einer Hochebene gewöhnlich über 1000 F., und nur selten unter 800 F. betragen dürfte.

Wenn aber schon die Gebirge als in sich zusammenhängende Anschwellungen der Erdoberfläche gedacht werden müssen, so gilt diess noch weit mehr von den Plateaus. Sie sind geschlossene und stetig ausgedehnte Anschwellungen des Landes, in welchen eine grosse Einförmig-

keit der Oberfläche herrscht, in welchen die Specialhöhen fast aller Puncte einer und derselben Gegend mit ungefähr gleichen Werthen hervortreten, und die Aenderungen dieser Werthe von einer Gegend zur anderen nur sehr allmälig Statt finden. Die Gruppirung der Massen um eine gemeinschaftliche Axe oder um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct, welche sich in allen Gebirgen mehr oder weniger deutlich zu erkennen giebt, wird in den Plateaus vermisst; ja, auf dem Plateau selbst wird man durch gar nichts daran erinnert, dass man sich auf einer bedeutenden Anschwellung des Landes befindet, weil seine Oberfläche von dem Horizonte des jedesmaligen Standpunctes nur wenig verschieden zu sein scheint.

Eine Gliederung in verticaler Richtung, eine Abwechslung von Höhen und Tiefen, von aufwärts und abwärts geneigten Flächen ist entweder gar nicht vorhanden, oder, wenn sie sich einfindet, doch gar nicht mit den ähnlichen Erscheinungen zu vergleichen, welche die Gebirge wahrnehmen lassen. Es findet daher eine sparsame und in der Regel nur wenig tief einschneidende Thalbildung Statt; die Jöcher, Höhenzüge und Gipfel der Gebirge werden nur durch sanft ansteigende und unbedeutende Undulationen des Terrains, durch Hügel und Landschwellen ersetzt, und häufig ist der Rücken eines Plateaus auf bedeutende Strecken so vollkommen eben, dass man ihn mit allem Rechte als Flachland bezeichnen kann. — Indessen kann dieser Charakter der Hochebenen stellenweise und strichweise durch Vulcane und andere aufgesetzte Kuppen, so wie durch Gebirgsketten sehr bedeutende Veränderungen erfahren.

§. 119. *Ausdehnung, Begränzung, Neigung, Stufen der Plateaus.*

Die Plateaus sind theils nach verschiedenen Weltgegenden hin weit und breit ausgedehnt, theils zeigen sie eine vorherrschende Längen-Dimension, welches letztere z. B. bei den meisten, zwischen den Bifurcationen der Südamerikanischen Andeskette enthaltenen Plateaus der Fall ist.

Die Begränzung der Plateaus findet entweder durch Tiefland oder durch Gebirge Statt. Gegen das angränzende Tiefland endigen die Plateaus gewöhnlich mit einer Terrasse, deren Abfall mehr oder weniger steil ist, auch wohl in mehren stufenartigen Absätzen erfolgt, und ganz ähnliche Formen entfalten kann, wie sie an den Steilabfällen der Gebirge vorkommen. Wird ein Plateau durch Gebirge begränzt, so steigt es allmälig gegen dieselben auf, und geht auch bisweilen durch bergiges Land in die Gebirge über. Solche den Rändern der Plateaus aufgesetzte

Gebirge heissen Randgebirge; sie sind eine ziemlich häufig vorkommende Erscheinung, und ragen oft bedeutend über die Hochebene hinauf. Wird ein Plateau auf mehren Seiten von Gebirgen eingefasst, so steigt es auch nach mehren Richtungen an, wodurch eine flache Einsenkung nach der Mitte hin entstehen muss, in welcher der Haupt-Abzugscanal für alle dem Plateau zufliessenden Wasser eingerissen zu sein pflegt. Diese Wasserzuflüsse erfolgen entweder in ganz flachen Stromrinnen und wenig vertieften Canälen, oder auch in tiefer eingeschnittenen, oft vielfach gewundenen Schluchten und Thälern mit sehr steilen Gehängen.

Die aus dem Tieflande aufsteigenden Hochebenen, welche nach der entgegengesetzten Richtung gewöhnlich von Gebirgen begränzt werden, sind nicht selten in mehrfacher Wiederholung ausgebildet, indem eine Hochebene hinter der anderen aufsteigt, so dass sich das Land in mehren sehr breiten Stufen gleichsam treppenartig erhebt, bis endlich die letzte Stufe von einem Gebirge überragt wird, welches jenseits in ein Tiefland oder in das Meer abfällt. Die einzelnen Plateaustufen aber werden meist durch steile Abstürze des Terrains von einander abgesondert. In dergleichen Stufenländern wird natürlich der Abfluss der Wasser nach etwas anderen Gesetzen erfolgen, als innerhalb der mehrseitig von Gebirgen umgebenen Hochebenen, indem die Flüsse von Stufe zu Stufe dem Tieflande zufallen.

Manche der ausgedehnteren Hochebenen werden nicht nur von Gebirgen umgürtet, sondern auch nach verschiedenen Richtungen von Gebirgsketten durchzogen, wodurch sie in verschiedene, von einander mehr oder weniger abgesonderte Regionen getheilt werden, deren jede ein Plateau für sich darstellt, und von den angränzenden Regionen in ihrem mittleren Niveau eben so wohl abweichen kann, wie diess bei den verschiedenen Stufen eines Stufenlandes der Fall ist.

Es ergiebt sich aus allen Eigenschaften der Plateaus, dass auf ihnen die Verhältnisse des Wasserlaufes nicht in derselben Weise regulirt sein können, wie auf den Gebirgen, und dass ihnen im Allgemeinen eine bestimmte Wasserscheide gar nicht zukommt, wenn auch in manchen Fällen die Abdachung so beschaffen sein kann, dass ein Ablauf der Wasser nach verschiedenen und zum Theil entgegengesetzten Richtungen vermittelt wird. Auf dem Rücken mancher höheren und ausgedehnteren Plateaus sieht man weit und breit nichts als wasserlose Steppen, Wüsteneien, Savannen, oder Moorflächen; in den Depressionen sind zuweilen flache Seen ohne Abfluss gebettet, und die ganze Natur zeigt einen von der Gebirgsnatur wesentlich abweichenden Charakter.

§. 120. *Bergland und Hügelland.*

Während oben in §. 101 das Wort Bergland zur allgemeinen Bezeichnung der dem Flachlande entgegengesetzten Ausbildungsweise der Erdoberfläche benutzt wurde, wird derselbe Ausdruck noch öfter in einem anderen Sinne gebraucht, indem man darunter solche Landstriche versteht, welche zwar mit vielen Bergen besetzt sind, ohne dass jedoch diese Berge zu einem stetig zusammenhängenden Ganzen, zu einem wirklichen Gebirge verbunden sind. Die Berge liegen zerstreut oder regellos neben einander, sie steigen nicht stufenweise hinter einander auf, sie sind nicht um eine gemeinschaftliche Axe zu einem grösseren, nach bestimmten Regeln gegliederten Körper vereinigt; und, wenn sie auch näher zusammengedrängt auftreten, wenn auch einzelne Aggregate derselben als Bergreihen oder Berggruppen zu bezeichnen sind, so vermisst man doch die gegenseitigen Beziehungen und die systematische Verknüpfung derselben zu einer einzigen in sich abgeschlossenen Form. Auch lassen sich die, zwischen den einzelnen Bergen, Bergreihen und Berggruppen hinlaufenden Vertiefungen, Schluchten und Tellen mit denen so regelmässig in einander verzweigten Thälern der eigentlichen Gebirge nicht füglich vergleichen.

Daher erscheint auch die Regulirung des Wasserlaufes in dem bergigen Lande nicht so symmetrisch wie in einem Gebirge, und es lässt sich selbst das zusammenhängende Bergland durch alle diese Eigenschaften recht wohl von dem eigentlichen Gebirgslande unterscheiden. Gewöhnlich breitet sich das Bergland am Fusse grösserer Gebirge aus, indem es eine Art von Uebergangsglied zwischen dem Gebirge und dem Tieflande bildet.

Das hügliche Land zeigt nicht nur kleinere Dimensionen und flachere Formen, sondern auch eine noch grössere Isolirung und Unabhängigkeit seiner Protuberanzen, als das bergige Land, so dass die Unähnlichkeit mit den Gebirgen noch weit auffallender wird, und eine unverkennbare Annäherung an die Verhältnisse des Flachlandes hervortritt. Zwar lassen sich auch im Hügellande neben den isolirten Hügeln noch einzelne Reihen und Gruppen derselben erkennen, zwischen welchen flache Schluchten und Tellen hinlaufen. Aber diese Hügelreihen und Schluchten offenbaren weder in ihrer Form noch in ihrer Verknüpfung jenen eigenthümlichen Charakter, welcher den Jöchern und Thälern der Gebirge zukommt, während ihre Dimensionen ohnediess eine jede Vergleichung mit diesen Gebirgsgliedern verbieten.

Das hügliche Land findet sich theils an der Gränze zwischen dem Tieflande und dem bergigen Lande oder Gebirge, theils stellenweise auf dem Rücken mancher Plateaus oder in den Flächen des Tieflandes.

§. 121. *Tiefländer; allgemeine Verhältnisse derselben.*

Die Tiefländer überhaupt lassen sich nach ihrer Lage und Ausdehnung als Küstentiefländer, Stromtiefländer und continentale Tiefländer unterscheiden. Die Küstentiefländer ziehen sich an der Küste des Meeres hin und reichen nicht weit landeinwärts, in welcher Richtung sie von Gebirgen oder Plateaustufen begränzt werden; sie haben daher eine geringe Breite, eine vorwaltende, der Küste entsprechende Längendimension und ein verhältnissmässig kleines Areal. Die Stromtiefländer folgen dem Laufe eines Stromes, an dessen beiden Ufern sie sich oft in grosser Breite ausdehnen; sie sind als innere und äussere, als Binnentiefländer und Mündungstiefländer zu unterscheiden, je nachdem sie im Binnenlande liegend stromabwärts von Gebirgen begränzt werden, oder bis an die Mündung des Flusses, und folglich bis an die Meeresküste fortsetzen. Ihre Dimensionen sind sehr verschieden und bisweilen recht bedeutend; doch behaupten sie in der Regel eine vorherrschende, dem Flusslaufe entsprechende Längendimension. Die continentalen Tiefländer endlich sind solche, welche sich in grosser Ausdehnung durch ganze Continente oder Erdtheile erstrecken, so dass sie weder an einen einzigen Küstenstrich, noch an einen einzigen Hauptstrom gebunden sind, vielmehr von den Küsten sehr verschiedener Meerestheile aufsteigen, und durch die Flussgebiete sehr verschiedener Hauptströme fortlaufen, ja bisweilen von Meer zu Meer, d. h. von einem Theile des Oceans bis zu einem ganz entgegengesetzt liegenden Theile reichen. Diese Eintheilung der Tiefländer steht mit vielen anderen Verhältnissen und selbst mit der verschiedenen Entstehungsweise derselben im genauesten Zusammenhange.

Die Gränzen der Tiefländer werden theils durch das Meer, theils durch Gebirge oder Plateaustufen bestimmt, in welchen letzteren beiden Fällen nicht selten hügliges oder bergiges Land einen Uebergang zwischen dem Tieflande und Hochlande vermittelt.

Die Küstentiefländer haben nur eine einseitige Abdachung gegen das Meer; die Stromtiefländer haben eine allgemeine longitudinale Einsenkung in der Richtung des sie durchfliessenden Hauptstromes, und ausserdem zwei laterale Abdachungen gegen die Ufer desselben; die continentalen Tiefländer endlich zeigen nach verschiedenen Richtungen verschie-

dene Abdachungen, welche durch grosse, im Innern des Landes hinziehende Landschwellen von einander getrennt werden.

Von continentalen Tiefländern liefern in der östlichen Hemisphäre die, zwischen Ural und Kaukasus unmittelbar zusammenhängenden beiden Tiefländer, nämlich das germanisch-sarmatische und das turanisch-sibirische Tiefland ein sehr ausgezeichnetes Beispiel. Ein zweites kleineres Tiefland der Art ist das Nordafrikanische Tiefland. Nordamerika wird von einem grossen continentalen Tieflande durchzogen, welches sich von dem Mexicanischen Meerbusen, längs des Mississippi, Ohio und Missouri, durch Canada und die Hudsonsbailänder bis an die nördlichen Küsten des Erdtheiles erstreckt*); und Südamerika enthält gleichfalls ein grosses continentales Tiefland, welches von den Ebenen Patagoniens aus zwischen den Anden und den Gebirgen Brasiliens und Guyanas bis an die Mündung des Amazonenstroms verfolgt werden kann.

§. 122. *Reliefformen der Tiefländer.*

Obwohl die Tiefländer in dem grösseren Theile ihrer Ausdehnung den Charakter des Flachlandes oder der Ebene zeigen, ja zuweilen in der Horizontalität ihrer Oberfläche mit dem Meere wetteifern, so ist diess doch keinesweges durchgängig der Fall, und, wie wenig die beiden Begriffe tief und flach identisch sind, so wenig lässt sich erwarten, dass die Tiefländer überall nur als völlige Ebenen ausgebildet sein werden.

Die grösseren, continentalen Tiefländer müssen natürlich, bei ihrer erstaunlichen horizontalen Ausdehnung, selbst mit dem sanftesten Ansteigen, in ihren inneren Regionen zu einer nicht unbedeutenden Höhe gelangen. Sie werden daher von Landschwellen oder culminirenden Landrücken durchzogen, welche zugleich die Wasserscheiden der grösseren Ströme bilden, aber nur selten über 800 F. absoluter Höhe erreichen, und überhaupt einen so wenig eminenten Charakter zeigen, dass sie gewöhnlich als entschiedenes Flachland erscheinen. Zwischen diesen Landschwellen dehnen sich zuweilen Landgesenke aus, welche ebenfalls nur bei einem allgemeineren Ueberblicke als wirkliche Depressionen erkannt werden können, weil die Grösse der horizontalen Dimensionen

*) Nach *Whittlesey* sind die Höhen der grossen Nordamerikanischen Seen folgende:

Der Superior-See	liegt	559 P. F. hoch
der Michigan- und Huron-See	-	542 - - -
der St. Clair-See	-	535 - - -
der Erie-See	-	530 - - -
der Ontario-See	-	218 - - -

The American Journal of sc., vol. 45, 1843, *p.* 16.

die verhältnissmässig kleinen Differenzen der Höhe nur auf grosse Distanzen hin mit namhaften Werthen hervortreten lässt. Eine der merkwürdigsten Depressionen dieser Art ist diejenige, welche sich zwischen dem Ural und Kaukasus, an der Gränze des Sarmatischen und Turanischen Tieflandes, in den Umgebungen des Caspisees findet; ihr Niveau sinkt nämlich unter das Niveau des Meeresspiegels, da der Spiegel des Caspisees 78 Par. F. tiefer liegt, als jener des Schwarzen Meeres*).

Ausser diesen grösseren Landschwellen und Landgesenken der Tiefländer, welche auf die allgemeinen Verhältnisse des Stromlaufes von entschiedenem Einfluss sind, kommen in ihnen noch andere, gleich wichtige Niveau-Differenzen vor. Dahin gehört z. B. die gar nicht seltene Erscheinung, dass das Terrain plötzlich längs einer geraden oder gekrümmten Linie einen steilen Absturz bildet, so dass die Ebene auf der einen Seite dieser Linie ein oder ein paar hundert Fuss höher liegt, als auf der andern Seite derselben. Diese Terrainstufen lassen sich oft auf sehr grosse Distanzen verfolgen, und üben einen wesentlichen Einfluss auf die Richtung der Ströme aus, welche gewöhnlich von dem Puncte an, wo sie eine solche Stufe erreichen, beständig am Rande oder Fusse derselben fortfliessen, bis sie endlich durch andere Verhältnisse davon abgelenkt werden. Hierin ist auch die auffallende Erscheinung begründet, dass in den Tiefländern die beiden Ufer eines und desselben Stromes bisweilen

*) Früher wurde, nach einem von Parrot ausgeführten barometrischen Nivellement, diese Depression des Caspisees, welche merkwürdigerweise schon 1694 von *Halley* (*Philos. Trans.*, *vol.* 33, *p.* 122) vorausgesetzt worden ist, zu 300 F. angenommen. Das geodätische Nivellement von Fuss, Sabler und Sawitsch hat jedoch erwiesen, dass sie 4 Mal geringer ist. Der Aralsee, dessen Niveau man sonst auch unter dem Meeresspiegel annehmen zu müssen glaubte, liegt neueren Bestimmungen zufolge 110 F. über dem Caspisee, also 32 F. höher als das schwarze Meer. Eine, wenn auch nicht im Flachlande gelegene, so doch weit tiefere Einsenkung unter dem Meeresspiegel zeigt der 32 Meilen lange Theil des Jordanthales in Palästina, vom See von Tiberias bis zum Todten Meere. Schon Callier vermuthete, dass das Todte Meer tiefer liege, als das Mittelländische Meer. Diese Vermuthung ist später durch Bertou, Moore, Schubert, Russegger und Symond bestätigt worden. Russegger bestimmte durch barometrisches Nivellement das Niveau des Tiberiassees zu 625, und jenes des Todten Meeres zu 1341 F. unter dem Spiegel des Mittelländischen Meeres; das genaueste Resultat lieferte Symond's trigonometrische Bestimmung, welcher zufolge das Todte Meer 1231 P. F. oder 400 M., der Tiberiassee 308 F. tief liegt. Central-Asien, I, S. 547, Anm. und II, S. 350. Da Moore den Boden des Todten Meeres stellenweise bis 1700 F. tief fand, so würde derselbe fast 3000 F. unter den Meeresspiegel reichen. Uebrigens reicht der Boden vieler Landseen, z. B. des Huronsee und Michigansee, des Lago maggiore, des Gardasees u. a. Alpenseen gleichfalls weit unter den Meeresspiegel.

auf grosse Strecken eine äusserst verschiedene Beschaffenheit zeigen, indem das eine Ufer ganz flach an den Strom herantritt, während das andere einen hohen und steilen Abhang zeigt.

So bildet z. B. im Sarmatischen Tieflande das rechte Ufer der Wolga von Simbirsk bis Tscharitschin einen 300 F. hohen Absturz, während das linke ganz flach ist; dasselbe ist mit dem Don und in Sibirien mit dem Ob, dem Jenissei und Anui der Fall. Da man das höhere Aufragen öfters an dem rechten Ufer beobachtet hatte, so stellten Boubée u. A. die Ansicht auf, dass überhaupt bei allen Flüssen das rechte Ufer das höhere sei; wogegen Elie de Beaumont u. A. sehr richtig bemerken, dass ein solches Gesetz weder theoretisch begreiflich sei, noch durch die Erfahrung als allgemein giltig bestätigt werde, indem z. B. bei dem Adour, Euphrat, Tigris, Mississippi das linke Ufer über das rechte aufragt.

Zuweilen steigt auch das Tiefland auf ähnliche Weise stufenartig in mehren breiten Terrassen von der Meeresküste landeinwärts auf, wie solches, freilich in einem grösseren Höhenmaasstabe, bei manchen Plateaus Statt findet. Mitunter gelangt man durch eine Reihe solcher Stufen ganz allmälig aus dem Tieflande in das Hochland, indem die unteren Stufen noch als Tiefebenen, die oberen Stufen aber schon als Hochebenen zu betrachten sind.

Patagonien z. B. steigt an der Ostküste mit 7 bis 8 sehr breiten Terrassen auf, von welchen die erste 100, die zweite 250, die dritte 350 F. Höhe hat, während die letzte bis zu 1200 F. aufragt. (*Darwin*, *Voyage of the Adventure*, *vol. III*, *p.* 201.) Aehnliche Verhältnisse finden an der Nordküste Afrikas gegen den Atlas Statt, wo vom Meere aus erst drei Tieflandstufen (bis 500 F.), dann bis Marokko (1500 F.) zwei Hochlandstufen aufsteigen, hinter welchen sich der Atlas erhebt.

§. 123. *Weitere Gestaltung des Tieflandes.*

Ausser denen im vorigen §. betrachteten allgemeineren Erhöhungen und Einsenkungen des Tieflandes finden sich in seinem Bereiche auch noch manche speciellere Formen, welche seinen vorwaltenden Charakter als Flachland mehr oder weniger modificiren.

Dahin gehören Hügel, welche theils einzeln aufragen, theils zu Gruppen, Reihen und anderen Aggregaten versammelt sind, und solchergestalt ein förmliches Hügelland bilden*); ferner langgestreckte, oft mehrfach

*) Mit diesen von der Natur gebildeten Hügeln dürfen die in manchen flachen Tiefländern von Menschenhand gebildeten künstlichen Hügel nicht verwechselt werden; wie z. B. in der Pontischen Steppe die sogenannten Kurgans, kegelförmige Hügel von 15, 30, ja bis 60 F. Höhe; (*Le Play*, *Voyage dans la Russie meridio-*

parallel neben einander hinziehende flache Landrücken; wellenförmig auf und niedersteigende sanfte Anschwellungen; endlich hier und da sporadisch vorkommende höhere Protuberanzen, welche schon auf den Namen eines Berges Anspruch machen können, wie z. B. der 1024 F. hohe Thurmberg bei Danzig, der 996 F. hohe Munnamäggi bei Dorpat, der 792 F. hohe Höllenberg in Hinterpommern u. a. Berge des Germanischen Tieflandes.

Eine in manchen Tiefländern des Nordens, z. B. im nördlichen Theile des germanisch-sarmatischen Tieflandes, häufig vorkommende Erscheinung sind die mehr oder weniger bedeutenden Anhäufungen von Felsblöcken und Geschieben exotischer Gesteine; die einzelnen Blöcke erreichen bisweilen eine sehr bedeutende Grösse, und die Haufwerke derselben erscheinen nicht selten als langgestreckte Züge, welche einen gewissen Parallelismus unter einander behaupten, und von NO. nach SW. oder von N. nach S. gerichtet sind. Wir werden im zweiten Bande, bei der Betrachtung der erratischen Formation, auf diese merkwürdigen Blockablagerungen ausführlicher zurückkommen, welche sich auf ähnliche Weise in den nördlichen Gegenden des grossen Nordamerikanischen Tieflandes vorfinden.

Eine andere Erscheinung sind die in Schweden sogenannten Åsar, langgestreckte, geradlinig fortlaufenden Dämmen oder Wällen zu vergleichende Anhäufungen von Sand und Grus, welche einen ebenen, fast horizontalen Rücken haben, daher die Landstrassen sehr bequem auf ihnen fortgeführt werden können. Auch sie lassen da, wo ihrer mehre in derselben Gegend vorkommen, gewöhnlich einen Parallelismus ihres Verlaufes erkennen.

Wo die Tiefländer an das Meer angränzen, da steigen sie entweder ganz allmälig aus demselben auf, oder sie beginnen sogleich mit einem mehr oder weniger steilen Abhange, zuweilen mit einem fast verticalen Absturze. In diesem letzteren Falle wird die steile Küstenwand nicht selten theils durch Quellen, theils durch den Wellenschlag und die Brandung des Meeres unterwaschen, wodurch grosse Einsenkungen und Brüche erfolgen, welche die Küste mit colossalen, wild durch einander gestürzten Trümmern des Landes erfüllen, und ihr ein äusserst grotteskes und zerrissenes Ansehen verleihen.

nale, *t. IV*, *p* 8). Im Gebiete des Mississippi liegen tausende von ähnlichen Hügeln, unter denen manche bis 90 F. hoch sind. Auch in der Türkei trifft man nach Boué Grabhügel (*Tefe's*) bis 30 und 40 F. Höhe. (*Elie de Beaumont*, *leçons de géol. pratique*, *I*, *p*. 155 f.).

Diese Erscheinung kommt unter Anderen sehr ausgezeichnet an dem Küstenrande der pontischen Steppe vor. Die Ablösungen und Senkungen haben sich dort im Laufe der Zeiten mehrfach wiederholt, so dass verschiedene Abstufungen und Aufthürmungen solcher Trümmer an der Küste zu unterscheiden sind, und der Steppenrand äusserst zerrissen und zerstört erscheint. Die Russen nennen diese Küstenruinen Obruiwa (im Plural Obruiwi) und Kohl hat solche meisterhaft geschildert in Reisen in Südrussland, Theil II, 1841, S. 72 ff. Die Obruiwa hat meist 100 bis 200 Faden, bisweilen ½ Werst Breite. Aehnliche Küstenbrüche trifft man an den Süd- und Ostküsten Englands, wo sie *undercliffs* genannt werden.

Sehr sandige Küsten der Tiefländer zeigen unter gewissen Umständen die eigenthümlichen Formen der Dünen, längliche, durch den Wind zusammengewehte, daher auf der einen Seite flach ansteigende, auf der entgegengesetzten Seite steil abfallende Hügel von Flugsand, welche oft reihenförmig geordnet sind, so dass sie kleine Ketten oder Züge bilden. Diese bewegliche und in ihrem Fortschreiten äusserst verheerende Hügelbildung findet sich z. B. an den Küsten des Germanischen Tieflandes, zwischen Swinemünde und Memel, zwischen Eiderstedt und Skagen, zwischen Calais und Dünkirchen. Die grossartigsten Dünen aber zeigt die Westküste des Africanischen Tieflandes, wo sie am grünen Vorgebirge die erstaunliche Höhe von 600 F. erreichen.

In dem ebenen Tieflande sind alle Unebenheiten der Oberfläche fast gänzlich ausgeglichen, und die noch vorhandenen Undulationen derselben so äusserst gering, dass man ihr Dasein kaum verspüren würde, wenn nicht der Lauf der Bäche und Flüsse, und die hier und da vorkommenden Moore, Sümpfe und Seen die Vertiefungen, und dadurch auch die zwischen ihnen hinlaufenden Erhöhungen erkennen liessen.

Die Ströme fliessen in sehr weiten und flachen Gesenken hin, deren fast horizontale Sohle den Namen der Aue erhält. In dieser bisweilen mehre Stunden breiten Aue ist das canalähnliche Flussbett eingerissen, welches oft steile, ja fast senkrecht abstürzende, von Schründen und Racheln durchrissene Wände hat, und bei gewöhnlichem Wasserstande die Gewässer allein abführt, während dieselben zu Fluthzeiten über das Flussbette austreten und die Aue weit und breit überschwemmen. Dabei werden die steilen Uferwände stellenweise, und besonders an den Prallstellen des Stromlaufes, unterwühlt und zerstört, so dass der Stromlauf selbst in seiner Lage und Richtung mehr oder weniger veränderlich ist. Der Strom theilt sich häufig in zwei oder mehre Arme, welche sich weiter abwärts wiederum vereinigen, und grosse flache Inseln umschliessen. Endlich gegen die Mündung tritt nicht selten eine Gabelung des Stromes, wohl auch eine Theilung desselben in mehre divergirende Arme ein,

welche so charakteristisch für viele in ebenen Küstenstrichen liegende Ausmündungen grösserer Ströme ist, und mit der Deltabildung zusammenhängt. (S. 318).

Der Boden der meisten Tiefländer wird von Sand oder Geröll, von Thon, Lehm oder Marschland gebildet. Bisweilen tritt aber auch der Felsgrund in horizontalen Platten zu Tage aus, die sich oft weit verfolgen lassen; wie z. B. die sogenannten Bancos in den Llanos von Venezuela. Grosse Strecken der Tiefländer sind wahre Sandwüsten, andere mit Salzkrusten überzogen; viele erscheinen als Steppen oder Savannen, als Moore, weit gedehnte Moräste und Sümpfe; einige im Norden Asias und Amerikas haben einen das ganze Jahr hindurch gefrorenen Boden. Dagegen giebt es aber auch grosse Tieflandstrecken, welche von ununterbrochenem Walde bedeckt sind, oder den schönsten Weidegrund, den ergiebigsten Ackerboden liefern

D. Einige besondere Reliefformen des Landes.

§. 124. *Vulcane und vulcanische Berge.*

Wir haben uns nun noch mit einigen besonderen, bisher nicht betrachteten Reliefformen der Erdoberfläche zu beschäftigen. Dahin gehören vorzüglich die Vulcane, Erhebungskratere, Ringgebirge, Ringthäler, Maare und endlich die Erdfälle.

Die Vulcane und die vulcanischen Berge überhaupt sind (zufolge §. 32) nach ihrer Form und Entstehungsweise als eine ganz eigenthümliche Art von Reliefformen zu betrachten. Es zeichnen sich nämlich diese Berge im Allgemeinen durch ihre kegelförmige oder glockenförmige Gestalt*), durch die gewöhnlich vorhandene, unter dem Namen Krater bekannte kesselförmige Einsenkung auf ihrem Gipfel, und durch ihre isolirte Stellung aus. Denn, wenn auch mehre Vulcane ganz nahe beisammen liegen, so sind doch immer die einzelnen von einander abgesondert; jeder bildet einen kegelförmigen Berg für sich, der Fuss des einen berührt kaum den Fuss des andern, und selbst wenn diess der Fall ist, giebt sich immer noch eine Absonderung, eine Discontinuität zu erkennen. Diese Isolirung charakterisirt einen jeden Vulcan als eine völlig selbständige, in sich abgeschlossene, durch

*) Nur selten kommen langgestreckte Formen vor, wie z. B. der Pichincha nach A. von Humboldt einen langgedehnten Rücken darstellt. Ebenso bildet nach Erman der Vulcan Schiwelutsch in Kamtschatka einen von NO. nach SW. und nach Junghuhn der Galunggung auf Java einen von N. nach S. gestreckten Kamm.

eine besondere Operation der Natur zum Dasein gelangte Bildung; als eine locale Erscheinung, welcher zwar in derselben Gegend viele ähnliche Formen entsprechen können, ohne dass sie jedoch zu einem stetig zusammenhängenden Ganzen, zu einem einzigen grösseren Körper verbunden sind. Obgleich daher die Vulcane zu sehr grossen Höhen aufragen können, so bilden sie doch in ihrer Vereinigung keine eigentlichen Gebirge in dem oben (§. 103) erläuterten Sinne, sondern nur Aggregate von mehr oder weniger grossen Bergen. Wohl aber lassen sich die grösseren Vulcane, wie z. B. der Aetna, der Pic von Teneriffa u. a., wegen ihrer sehr bedeutenden horizontalen und verticalen Dimensionen und wegen ihrer oft sehr entwickelten Gliederung als selbständige Gebirge betrachten, welche den vollendetsten Typus von dem zur Schau tragen, was man unter dem wenig bezeichnenden Namen Massengebirge (§. 104) zu verstehen pflegt. Indessen gehören solche grössere Vulcane gewöhnlich schon mehr in die Kategorie der sogenannten Erhebungskratere, in deren Mittelpunct nicht selten Vulcane zur Ausbildung gekommen sind. Uebrigens sind die eigentlichen Vulcane nach ihrer Grösse und Höhe ausserordentlich verschieden; von dem kleinsten der erloschenen Vulcane der Eifel bis zu dem höchsten brennenden Vulcane, dem Kliutschewskaja Sopka in Kamtschatka finden sich alle möglichen Abstufungen. Dieser letztere dürfte aber wohl als der höchste unter allen bekannten Vulcanen zu betrachten sein, sobald wir bei diesen Bergen nur die eigenthümliche oder individuelle Höhe berücksichtigen, welche bei ihm nach Erman die absolute Höhe des Montblanc erreicht.

Es sind bereits oben (in §. 33) manche Verhältnisse der Vulcane zur Sprache gebracht worden, und wir werden im zweiten Theile, bei der Beschreibung der vulcanischen Formationen, Gelegenheit haben, sowohl diese als noch andere Verhältnisse derselben genauer in Betrachtung zu ziehen. Daher beschränken wir uns an gegenwärtigem Orte auf die Erwähnung einiger, ihre Formen und Positionen betreffenden Verhältnisse.

Jeder eigentliche Vulcan, er mag nun ein thätiger oder ein erloschener Vulcan sein, zeigt einen Krater, dessen Wände gewöhnlich sehr steil, zuweilen fast senkrecht abfallen; nur bei kleineren, längst erloschenen und vermöge ihrer Lage den zerstörenden Angriffen der Gewässer sehr ausgesetzt gewesenen Vulcanen kann der Krater so unscheinbar geworden sein, dass er nur noch schwer in seinen Ueberresten zu erkennen ist. Dieser Krater erscheint gewöhnlich rund, bisweilen langgestreckt, und ist theils ringsum geschlossen, theils stellenweise mehr oder weniger tief ausgerissen. Seine Grösse steht in keinem bestimmten

Verhältnisse zu den Dimensionen des Berges; grosse Vulcane haben zuweilen sehr kleine Kratere, und umgekehrt. Die Kraterwände werden oft von steilen Schrunden und Furchen durchzogen, welche alle concentrisch nach dem Kraterboden zu einfallen.

Der äussere Abhang der grösseren Vulcane wird gewöhnlich von radial auslaufenden und abwärts immer breiter werdenden Runsen, Racheln und Schluchten durchfurcht, von welchen einzelne als förmliche Thäler erscheinen können. Ausserdem erhält die Oberfläche theils durch Lavaströme, theils durch kleinere regelmässige Schlackenkegel oder andere Anhäufungen von vulcanischen Schuttmassen eine ziemlich manchfaltige Configuration.

Die Vulcane sind ihrer Lage nach an keine durch bestimmte Reliefbildung charakterisirte Regionen der Erdoberfläche gebunden; bald erheben sie sich im Tieflande, bald ragen sie auf Plateaus oder auf dem Rücken von Gebirgsketten auf, deren Höhe durch sie ausserordentlich gesteigert wird; viele liegen auf Inseln oder bilden auch selbständige Inseln für sich, indem sie unmittelbar aus dem Meere aufsteigen. Ueberhaupt ist es nach §. 35 eine sehr beachtenswerthe Erscheinung, dass wenigstens alle noch thätigen Vulcane entweden ganz nahe oder doch in keiner sehr grossen Entfernung vom Meere gelegen sind, woraus man auf einen ursachlichen Zusammenhang zwischen der vulcanischen Thätigkeit und dem Meere geschlossen hat. Manche erloschene Vulcane kommen allerdings ziemlich tief im Binnenlande vor; es lässt sich aber vermuthen, dass zur Zeit ihrer Bildung die Vertheilung von Wasser und Land eine andere gewesen sei, als gegenwärtig.

Uebrigens erscheinen die Vulcane nach §. 36 nur selten ganz vereinzelt; gewöhnlich liegen mehre in derselben Gegend nicht weit von einander, ja bisweilen sind sie in grösserer Anzahl versammelt. In diesem letzteren Falle lassen sie besonders häufig eine reihenförmige oder lineare, seltener eine gruppenförmige oder centrale Anordnung erkennen, indem die einzelnen Vulcane entweder längs einer geraden oder gekrümmten Linie, oder um einen grösseren Vulcan, wie um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct, gestellt sind. Dergleichen Vulcanreihen und Vulcangruppen entsprechen einigermaassen den Kettengebirgen und Massengebirgen.

§. 125. *Erhebungskratere und Erhebungskegel.*

Manche Vulcane liegen (wie schon oben §. 33 erwähnt wurde) in der Mitte eines grossen, fast ringsum geschlossenen Kesselthales, welches die centrale Einsenkung eines weit grösseren kegelförmigen Berges ist,

dessen Zinne daher eine, bald nur stellenweise unterbrochene bald grossentheils zerstörte, ringförmige Umwallung des kraterähnlichen Thales bildet, aus welchem der eigentliche Vulcan aufragt. So verhalten sich z. B. das Albaner Gebirge bei Rom und die Insel Pantellaria, deren Vulcane von einem fast vollständigen Bergringe umgürtet werden; so der Pic von Teneriffa, der an seiner Ost- und Südseite, so der Vesuv, der an seiner Nord- und Ostseite von einem halbkreisförmigen Walle umgeben wird. Da die Structur und die Gesteinsbeschaffenheit dieser ringförmigen oder circusähnlichen Bergrücken nicht wohl erlaubt, sie als das unmittelbare und ursprüngliche Product der successiven Aufschichtung vulcanischer Schuttmassen und Lavaströme zu betrachten, da vielmehr alle ihre Verhältnisse darauf verweisen, dass sie durch eine centrale Erhebung und Aufrichtung eines früher aus dergleichen Schuttbänken und Lavaströmen gebildeten Theiles der Erdkruste entstanden sind (§. 59), so hat Leopold v. Buch für diese Reliefform den Namen Erhebungskrater in die Wissenschaft eingeführt.

Es giebt aber auch sehr viele, aus vulcanischen Gesteinen bestehende Berge, welche zwar in der Mitte eine grosse kraterförmige Einsenkung zeigen, ohne doch einen wirklichen Vulcan zu enthalten, obgleich nicht selten aus der Tiefe des Kesselthales ein steiler und hoher Berg aufragt. Da nun auch bei ihnen sowohl die Architektur als die Gesteinsbeschaffenheit auf dieselbe Entstehungsart verweist, so sind sie gleichfalls Erhebungskratere genannt worden. Einen solchen Erhebungskrater bildet z. B. in Frankreich der Mont-Dore, an welchem Leopold v. Buch bereits im Jahre 1802 die ganze Eigenthümlichkeit dieser merkwürdigen Bildungen erkannte, und auf die Theorie derselben geführt wurde*). Andere sehr ausgezeichnete Beispiele liefern der Cantal, der Circus von Roccamonfina, der Vultur in Neapel, und viele andere Berge, welche von vulcanischen Gesteinen gebildet werden, ohne doch eigentliche Vulcane zu sein, d. h. ohne wirkliche vulcanische Thätigkeit entwickelt zu haben, seit sie ihre gegenwärtige Form und Höhe erhielten.

Da sich übrigens der Name Erhebungskrater weniger auf die, doch besonders imposanten und vorwaltenden Massen dieser Berge, als auf die kraterförmige Einsenkung derselben bezieht, und da man zu sehr

*) Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien, Bd. II, 1809, wo die schon im Frühling 1802 geschriebenen Briefe aus der Auvergne mitgetheilt werden, voll lebendiger geistreicher Schilderungen, darunter S. 282 ff. die Beschreibung des Mont-Dore, in welcher die Theorie der Erhebungskratere und ihr wesentlicher Unterschied von den Vulcanen zuerst ausgesprochen wurde.

gewohnt ist, bei dem Worte Krater allemal an einen wirklichen Vulcan zu denken, so dürfte in vielen Fällen der Name Erhebungs circus oder Erhebungs kegel vorzuziehen sein*); zumal, wenn die centrale Depression in verhältnissmässig kleinen Dimensionen ausgebildet ist, oder wenn der Berg gar nicht von eigentlichen vulcanischen Gesteinen gebildet wird, wie diess zuweilen vorkommt.

Die Erhebungskegel, welche die kraterförmigen Räume umgeben, werden gewöhnlich nach einer oder nach mehren Seiten hin von tiefen Schluchten oder Thälern durchschnitten, deren Richtung radial und deren erste Ausbildung eine nothwendige Folge der ganzen Entstehungsweise dieser Berge ist. Sie sind Spaltenthäler oder Zerreissungsthäler, und dienen denen im Krater zusammenlaufenden Wassern zum Ausflusse, wie sie denn überhaupt eine Verbindung zwischen dem inneren Circus und dem äusseren Fusse des Berges herstellen.

Uebrigens erlangen diese Erhebungskegel zuweilen eine so bedeutende Grösse, dass sie mit allem Rechte als selbständige kleine Massengebirge betrachtet werden können.

§. 126. *Ringgebirge oder Circusgebirge.*

Es wurde schon im vorhergehenden §. angedeutet, dass ähnliche Reliefformen, wie die Erhebungskratere vulcanischer Gesteine, auch bisweilen von solchen Gesteinen gebildet werden, denen man durchaus keinen vulcanischen Ursprung zuschreiben kann. Da sie jeden Gedanken an eine vulcanische Thätigkeit im eigentlichen Sinne des Wortes ausschliessen, dennoch aber in ihrer Form und Structur ganz entschieden auf von unten herauf wirkende Kräfte verweisen, so bilden sie eine äusserst interessante Classe von Erscheinungen. Man kann für sie die Worte Erhebungscircus oder Ringgebirge gebrauchen, je nachdem sie kleinere oder grössere horizontale Dimensionen haben.

Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel der Art findet sich nach Elie de Beaumont in den Französischen Alpen**), da, wo die Bergmassen auf-

*) Sehr richtig bemerkt *Tournal* in dieser Hinsicht: *l'expression de cratère de soulèvement peut être vicieuse, mais n'en designe pas moins un phénomène positif; Bull. de la soc. géol., t. V, p.* 199. Auch *Boué* ist der Ansicht, dass wohl der Ausdruck *cirque cratériforme* vorzuziehen sein dürfte; *ibid. t. VI, p.* 29. *Deluc,* welcher schon die ringförmigen Umwallungen mancher Vulcane als etwas von ihnen Verschiedenes erkannte, schlug für sie den Namen *couronnes volcaniques* vor. *Lettres sur l'histoire de la terre,* 1779, *t. IV, p.* 199.

**) Vergl. *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, II, p.* 339 ff.

ragen, welche gewöhnlich unter dem Namen Oisans zusammengefasst werden, und durch den 12600 F. hohen M. Pelvoux, den höchsten Berg Frankreichs ausgezeichnet sind. Diese, wesentlich aus Gneiss bestehenden Berge bilden einen Circus von 8 geogr. M. Umfang, dessen Wände zu einer absoluten Höhe von 9000 bis 12600 P. F. aufsteigen, und nach innen sehr steil, nach aussen aber sanft abfallen. Im Mittelpuncte dieses grossen Circus, dessen innerer Raum grossentheils von Granit gebildet wird, liegt das kleine Dorf de la Bérarde. Elie de Beaumont schliesst mit Recht aus der Architektur und ganzen geognostischen Beschaffenheit, dass der Circus von Bérarde als eine den Erhebungskrateren analoge Erscheinung zu betrachten sei.

In weit grösserem Maassstabe wiederholt sich diese Erscheinung auf der Insel Ceylon, wie Elie de Beaumont nach der von John Davy gegebenen Charte und Beschreibung nachweist*). Der nördlichste Theil dieser Insel ist ein flaches Tiefland; allein der übrige Theil stellt ein fast kreisförmiges Ringgebirge dar, in dessen Mitte ein grosses geschlossenes Kesselthal von 9 geogr. M. Durchmesser liegt, dessen Boden ein reizendes Bergland bildet, worin die Hauptstadt Kandy 1400 F. hoch gelegen ist. Der über 6000 F. hohe Adamspik bildet den höchsten Punct des ganzen Ringgebirges, welches vorwaltend aus Gneiss und Granit besteht, nach aussen einen sehr sanft geneigten Abfall hat und dem Adamspik gegenüber von einem tief eingerissenen Thale durchschnitten wird.

Auch in Sachsen giebt es ein solches Ringgebirge, welches zwar in weit kleineren verticalen Dimensionen ausgebildet ist, als der Circus von Bérarde, in seinen horizontalen Dimensionen aber denselben übertrifft. Es ist diess der 2 Meilen weite und über 6 Meilen lange, also elliptisch langgestreckte ringförmige Wall des Schiefergebirges, welcher zwischen Döbeln und Hohenstein das plateauförmige Gebiet der Granulitformation umgürtet. Die Schieferberge sind fast überall höher als das vorliegende Granulitplateau, und obgleich diese Höhendifferenz gewöhnlich unter 150 F. beträgt, so erreicht sie doch im südlichen Theile des Circus 200 bis 300 F.; denn die 1485 F. hohe Langenberger Höhe, der höchste Schieferberg, überragt dort den Rusdorfer Berg, die höchste Granulitkuppe, genau um 300 Fuss**).

*) In den *Annales des sciences naturelles*, *t. XXII*, *p.* 88 ff.

**) Naumann, Geognostische Beschreibung des Königreiches Sachsen und der angränzenden Länderabtheilungen; Heft II, S. 13 ff.

Vielleicht liesse sich hier auch die Insel Irland als eines der grossartigsten Beispiele solcher Reliefbildung erwähnen. Denn seine Küsten sind ringsum gebirgig, während das Innere ein flaches, nur selten hügeliges Tiefland darstellt. An der Nord- und Nordwestküste erheben sich die Gebirge von Antrim, Londonderry und Donegal bis zu 2361 P. F.; an der West- und Südwestküste die Gebirge von Sligo, Mayo, Galway und Kerry (hier der Gurrane-Tual, als höchster Punct der Insel, bis zu 3194 P. F.); an der Südwestküste die Schieferberge von Cork und Waterford bis zu 2437 F.; und an der Ostküste die Gebirge von Wicklow, Down und Tipperary bis zu 2850 Fuss. Diese bergigen Gegenden reichen selten über 12 Engl. Meilen landeinwärts, während das Innere des Landes nirgends höher als 282 P. F. aufsteigt*).

§. 127. *Ringthäler*, *Kesselthäler*.

Eine mit den vorher betrachteten Reliefformen nach ihrer Gestalt wie nach ihrer Entstehungsweise sehr nahe verwandte Erscheinung bilden die kreisförmigen oder elliptischen, bisweilen ziemlich langgestreckten Thäler, welche man wegen ihrer geschlossenen Form Ringthäler oder Kesselthäler, und wegen ihrer Ausbildungsart Erhebungsthäler genannt hat. Das Charakteristische derselben besteht nach Hoffmann darin, dass sie, ursprünglich vollkommen geschlossen, nach allen Seiten von Gehängen umgeben werden, deren Gesteinsschichten von innen nach aussen geneigt sind**). Dergleichen Erhebungsthäler sind schon früher von Buckland und Conybeare aus dem Steinkohlengebirge der Umgegend von Bristol, und von Ersterem in den Thälern von Kingsclere und Highclere südlich von Newbury, so wie in dem Thale von Poxwell unweit Osmington beschrieben worden. Besonders dieses letztere stellt ein sehr ausgezeichnetes und, man möchte sagen, niedliches Beispiel dar, gleichsam einen Circus *en miniature*, da es nur zwei bis drei Mal grösser als das Colosseum zu Rom und sehr regelmässig elliptisch gestaltet ist. Der Ausfluss des Wassers erfolgt nicht am Ende der grossen Axe der Ellipse, sondern durch eine Schlucht in der Nähe der kleinen Axe, also ganz der Voraussetzung entgegen, dass das Thal durch die Erosion des fliessenden Wassers gebildet worden sei.

*) Nach Richard Griffith, aus dem Berichte der Commission für das Eisenbahnsystem Irlands mitgetheilt in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 17, S. 388.

) Hoffmann, in Poggend. Annalen, Bd. 17, S. 151 ff.; wo auch der Name Ringthäler in Vorschlag gebracht wird, während der Name Erhebungsthäler, *valleys of elevation*, schon früher von **Buckland eingeführt wurde; *Trans. of the geol. soc., 2. series, vol. II, p.* 123.

Hoffmann gab eine sehr lehrreiche Beschreibung der kreisförmigen Kesselthäler von Pyrmont und Driburg, welche noch ausserdem die merkwürdige Erscheinung zeigen, dass aus dem Grunde derselben die stärksten kohlensauren Quellen Westphalens entspringen.

Sehr interessant ist auch das von Murchison beschriebene Erhebungsthal von Woolhope in Herefordshire*). Dasselbe ist oval, 6 Engl. Meilen lang und 4 M. breit; die Gebirgsschichten senken sich überall von innen nach aussen, in der Mitte erhebt sich der gewölbte Rücken des Haugh Wood, und an drei Stellen ist der Circus durchbrochen, um den Wassern einen Ausgang zu gestatten.

Ausserordentlich häufig sind solche elliptische Circusthäler im Jura, von wo sie zuerst durch Thurmann in einer ganz vortrefflichen orographisch-geognostischen Abhandlung über die Erhebungsformen des Juragebirges, und dann von Rozet beschrieben worden sind**). Sie finden sich von allen möglichen Dimensionen, klein und gross, bis zur Länge von 6 Meilen, sind immer sehr langgestreckt, und offenbar durch eine Erhebung und Zerreissung derjenigen Gebirgsschichten entstanden, innerhalb welcher sie vorkommen.

Ausser diesen Erhebungsthälern, in welchen die Schichten von innen nach aussen geneigt sind, kommen jedoch auch andere, gleichfalls durch Erhebung gebildete Thäler vor, in welchen die gegentheiligen Verhältnisse der Schichtenlage Statt finden. Wir werden weiter unten bei Betrachtung der Schichten-Dislocationen auf sie zurückkommen.

§. 128. *Maare, Erdfälle.*

Die Kratere mancher erloschener Vulcane oder Vulcan-Rudimente sind gegenwärtig mit Wasser erfüllt, und bilden daher Kraterseen, welche in der Eifel, wo sie ziemlich häufig vorkommen, Maare genannt werden***). Eines der ausgezeichnetsten Beispiele liefert das Pulvermaar bei Gillenfeld unweit Daun, welches, bei einer äusserst regelmässigen Gestalt, 2300 F. Durchmesser und über 300 F. Tiefe hat; eine paar andere sehr regelmässige Kraterseen sind das Weinfelder und das Gemünder

*) *The Silurian System*, *p.* 427 f.

**) *Thurmann*, *Essai sur les soulèvemens jurassiques du Porrentruy, Paris* 1832; und allgemeiner in einer zweiten Abhandlung, welche 1836 erschien. Das *Mémoire* über denselben Gegenstand von *Rozet* steht im *Bull. de la soc. géol.*, *t. VI*, *p.* 192 ff.

***) Ueber die Entstehung derselben ist oben im §. 60 das Nöthige gesagt worden. Hier haben wir sie nur als topographische Formen zu erwähnen.

Maar. Auch der Averner See bei Neapel ist ein solcher Kratersee. Da sich in der Umgebung mancher Maare nur sehr geringe Anhäufungen von wirklichen vulcanischen Auswürflingen zeigen, so hat man die Entstehung solcher Kessel theils durch Gas-Explosionen, theils durch Einsenkungen zu erklären versucht.

Als wirklich durch Einstürze gebildete Vertiefungen der Erdoberfläche sind die sogenannten Erdfälle zu betrachten, kesselförmige oder trichterförmige Schlünde von sehr verschiedener Grösse nach Durchmesser und Tiefe, und bisweilen mit Wasser erfüllt. Sie kommen besonders in gewissen Kalkstein-Regionen und im Gebiete grösserer Gyps-Ablagerungen vor, und sind in beiden Fällen durch den Einsturz der Decke von Höhlenräumen zu erklären, welche gerade im Kalkstein und Gyps zu den sehr häufigen Erscheinungen gehören. So finden sich in den Kalksteingebirgen von Krain, Illyrien, Croatien und Dalmatien unzählige Erdfälle; meist sind sie nur klein, 15 bis 50 Schritt im Durchmesser und dann kreisrund; bisweilen werden sie grösser, und erreichen wohl einen Durchmesser bis zu 2000 F. und darüber, in welchem Falle sie meist elliptisch verlängert sind. Eben so zeigen in Frankreich die Kalksteinplateaus der Departements des Doubs, der Haute-Saône und des Jura ganze Reihen kesselförmiger Einsenkungen, in welchen sich das Regenwasser sammt dem fortgeschwemmten Sand und Gerölle verliert, daher sie nothwendig mit unterirdischen Höhlen in Verbindung stehen müssen*). Im nördlichen Jütland, wo die Kreideformation verbreitet ist, liegen unzählige Erdfälle, von denen vor mehren Jahren ein neu entstandener den Norrsee entleerte; die ganze Gegend ist von unterirdischen Canälen durchzogen, und die Landleute leiten ihre Abzugsgräben in diese Trichter, welche Alles verschlucken**). Auch im Kohlenkalkstein von Missouri, zumal bei Saint-Louis (wo sie *sink-holes* genannt werden), im Dachstein- und Priel-Gebirge in Oberösterreich, bei Blansko in Mähren (wo die Macocha, ein 480 F. tiefer Schlund liegt) und in vielen anderen Kalkstein-Regionen sind die Erdfälle eine ganz gewöhnliche Erscheinung. — Für ihr Vorkommen in Gyps-Regionen mag die Gegend von Mansfeld, Sangerhausen, Questenberg u. a. Orten Thüringens und des südlichen Harzrandes erwähnt werden, wo sie nach Freiesleben gar nicht selten sind.

*) *Virlet* in *Bull. de la soc. géol.*, *t. VI*, *p.* 158 f.; er nennt sie *cirques d'enfoncement* oder *cavernes à ciel ouvert.*

**) Forchhammer in Poggend. Annalen, Bd. 58, S. 611.

§. 129. *Höhlen, Katabothra und geologische Orgeln.*

Da die Höhlen unmittelbar mit den Erdfällen zusammenhängen, und da wenigstens ihre Eingänge der Erdoberfläche angehören, so mag hier noch eine kurze Betrachtung dieser Cavitäten der Erdkruste eingeschaltet werden.

Unter Höhlen versteht man bekanntlich grössere, entweder leere, oder auch theilweis mit Wasser und eingeschwemmten Materialien erfüllte Räume im Innern der Erdkruste, welche gewöhnlich durch eine Oeffnung nach aussen mit der Erdoberfläche in Verbindung stehen.

Nach ihrer allgemeinen Form lassen sich die Höhlen besonders als Spaltenhöhlen, Gewölbhöhlen und Schlauchhöhlen unterscheiden.

Die Spaltenhöhlen haben die Form von mehr oder weniger weit klaffenden, aber nach oben geschlossenen Spalten und Klüften; sie dehnen sich also zwischen zwei fast parallelen Seitenwänden aus, sind immer schmal, haben aber zuweilen eine bedeutende Erstreckung in die Länge und Tiefe. Eines der ausgezeichnetsten Beispiele liefert die Eldonhöhle im Peak von Derbyshire. Auch gehören in diese Kategorie die grösseren Drusenhöhlen der Erzgänge.

Die Gewölbhöhlen haben die Form gewölbähnlicher oder sackähnlicher Weitungen von sehr verschiedenen aber meist unregelmässigen Umrissen und bisweilen so bedeutenden Dimensionen, dass die Räume mit grossen Sälen oder Kirchen verglichen worden sind. Die Schlauchhöhlen endlich haben die Form enger, gewundener Canäle von theils rundlichen theils winkeligen Querschnitten.

Gewölbhöhlen mit weitem Eingange und von geringer Tiefe nennt man wohl auch Grotten. Uebrigens hat man noch als eine besondere Art die Durchbruchshöhlen unterschieden, welche an beiden Enden zu Tage austreten, so dass man in ihnen durch den Berg oder Felsen hindurch gelangen kann; eine Eigenschaft, die sich weniger auf die Form, als auf das zufällige Vorhandensein zweier Oeffnungen bezieht. Solche Höhlen werden besonders auffallend, wenn sie, bei geradlinigem Verlaufe, in hohen freistehenden Felsen so gelegen sind, dass man von geeigneten Standpuncten durch sie hindurchsehen kann. So z. B. das Martinsloch im Tschingelhorne, der hohle Stein bei Muggendorf; einige Höhlen in den Granitfelsen der Insel Mosköe in den Nordlanden (Keilhau, Gäa Norwegica, II, 308).

Bei weitem die meisten Höhlen bestehen aus einer Combination dieser verschiedenen drei Formen, indem mehre gewölb- oder sackförmige Weitungen hinter einander liegen, welche durch schlauch- oder spaltenförmige Schlünde mit einander in Verbindung stehen, so dass man immer aus einer Weitung durch einen engen Schlund in eine andere

Weitung gelangt. Diese Weitungen liegen alle entweder ungefähr in einem und demselben Niveau, oder in verschiedenen Höhen, gleichsam etagen- oder stufenweise über einander, weshalb man bei ihrer Verfolgung immer höher oder tiefer in dem Innern des Berges hinauf- oder hinabsteigen muss. Dabei sind die Verbindungsschlünde der einzelnen Weitungen zuweilen so steil, dass sie nur auf Leitern oder eingehauenen Stufen passirt werden können.

Die Eingänge der Höhlen sind bald weit bald eng, und liegen bisweilen an hohen und steilen, nur schwer zugänglichen Stellen der Thalgehänge; manche steigen unmittelbar über dem Meeresspiegel auf (Fingalshöhle auf Staffa, blaue Grotte auf Capri); wie denn überhaupt die Brandung und der Wellenschlag des Meeres oder der Seen die Ausbildung vieler Höhlen bewirkt hat. Die Wände der Höhlen sind bisweilen mit Krystallen*), sehr häufig aber mit Stalaktiten von Kalksinter bekleidet, welche in ihren manchfaltigen Formen und Gruppirungen gar wunderliche nachahmende Gestalten darstellen können. In vielen Höhlen ist der Boden mit Ablagerungen von thonigem oder lehmigem Schlamm bedeckt, in welchem eben so wie im Kalksinter die Knochen von vorweltlichen Thieren, besonders von Bären und Hyänen, bisweilen in grosser Menge vorkommen, daher man auch solche Höhlen Knochenhöhlen genannt hat. Auch werden manche Höhlen von Bächen durchströmt, welche unter günstigen Umständen in den Weitungen unterirdische Seen bilden.

Die Höhlen finden sich gewöhnlich innerhalb fester Gesteine, und zwar sind es besonders Kalkstein, Dolomit und Gyps, in welchen die meisten derselben getroffen werden; auch Laven und andere vulcanische Gesteine, so wie Sandsteine und Gletschereis enthalten sie nicht selten, während sie in anderen Gesteinen nur als Seltenheiten vorkommen.

So finden sich z. B. im Granite der Alpen, namentlich im Dauphiné, in Savoyen und der Schweiz, die sogenannten Krystallhöhlen oder Krystallkeller, welche bald rund bald länglich, mit prächtigen Bergkrystallen besetzt und eigentlich nichts Anderes als Drusenhöhlen sind; besonders berühmt sind die Krystallhöhlen des Zinkenstockes im Berner Oberland, und jene des Vieschertbales und von Naters in Oberwallis, welches letztere Krystalle bis über 3 F. im Durchmesser geliefert hat. Auch der Granit der Nordlande im Westfjord enthält nach Keilhau nicht selten Höhlen, welche jedoch durch

*) So die Höhlen im Granit mit Bergkrystallen, die Gypshöhlen mit Gypskrystallen, die Kalksteinhöhlen mit Kalkspathkrystallen, die Drusenhöhlen der Erzgänge endlich mit den Krystallen sehr verschiedener Mineralien.

Erosion gebildet wurden. — Kleine Höhlen im Gneisse erwähnt Humboldt aus dem Fichtelgebirge unweit Wunsiedel; auch Rivière sah eine solche bei St. Brandière unweit Bourbon-Vendée. Virlet beschrieb eine grosse Höhle im Glimmerschiefer bei Sillaka auf der Griechischen Insel Thermia, welche sehr geräumig und ganz auf ähnliche Weise gestaltet ist, wie die grösseren Kalksteinhöhlen*). Von Höhlen im Thonschiefer erwähnen wir die von Ballybunian in der Grafschaft Kerry in Irland, welche nach Ainsworth durch den Wellenschlag des Meeres gebildet worden sind. — Die meisten Höhlen finden sich jedoch im Kalksteine; so z. B. die berühmte Adelsberger Höhle in Krain, die Höhle von Castleton in Derbyshire, die Höhle von Antiparos, die Baumanns- und Bielshöhle am Harze, die Klutert bei Schwelm in Westphalen. Zu den bekanntesten Höhlen in Gypsablagerungen gehören die sogenannten Kalkschlotten (richtiger Gypsschlotten) Thüringens, unter denen namentlich die von Wimmelburg und Helbra sehr ausführlich von Freiesleben beschrieben worden sind**).

Zu den Kalksteinhöhlen sind auch die in Griechenland sogenannten Katabothra zu rechnen, unterirdische Canäle und Schlünde, durch welche die Wasser abgeschlossener Kesselthäler und Seen abgeführt werden, und welche nach Virlet, eben so wie die meisten übrigen Höhlen, aus abwechselnden grossen Weitungen und engen Schlünden bestehen. Besonders bekannt sind die Katabothra des Kopaischen Sees in Böotien und des Phoniasees in Morea; auch der Zirknitzer See in Krain und der Fuciner See in Italien haben ähnliche Ableitungscanäle***).

Endlich sind noch als eine hierher gehörige Erscheinung die sogenannten Orgeln oder natürlichen Schächte (*orgues géologiques* oder *puits naturels*) zu erwähnen; cylindrische, meist ziemlich senkrechte, mit Geröll, Sand und Thon ausgefüllte Canäle von einigen Zollen bis zu 10 und 12 Fuss Durchmesser, und einer bisweilen zu 200 Fuss und darüber steigenden Länge. Man kennt sie besonders in dem weichen tuffähnlichen Kreidekalkstein des Petersberges bei Maestricht, und in dem Grobkalke der Umgegend von Paris †).

*) *Bull. de la soc. géol.*, *II*, 329; die von manchen Seiten erhobenen Zweifel, ob nicht diese Höhle das Werk ehemaligen Bergbaus sei, dürften gänzlich gehoben sein, seitdem auch Russegger dieselbe als eine natürliche Höhle anerkannt hat. Neues Jahrbuch der Min., 1840, S. 197.

**) Geognostische Arbeiten, II, 160 ff.

***) Forchhammer, in Poggendorffs Annalen, Bd. 38, S. 241; Boblaye ebend. S. 253, und Kramer ebend. Ergänzungsband I, S. 378. Fiedler erklärt die Katabothra für Spaltenhöhlen; Reise durch Griechenland, I, S. 112.

†) Eine sehr gute Zusammenstellung der bekannten Thatsachen über diese Erscheinung nebst neuen Beobachtungen über Orgeln im Kalkstein von Burtscheid gab Nöggerath im Neuen Jahrbuch für Min., 1845, S. 511 ff.

§. 130. *Isolirte, seltsam gestaltete Felsen.*

Obgleich in den Gebirgen und in den Hochlanden überhaupt der Felsgrund sehr häufig unmittelbar zu Tage austritt, und ganze Thäler und Jöcher fast ununterbrochene Reihen von Felsenwänden und Felsenkämmen darstellen, so pflegt man doch unter Felsen im engeren Sinne des Wortes solche Hervorragungen des festen und nackten Gesteines zu verstehen, welche sich durch ihre Form und Stellung vor ihrer Umgebung besonders auszeichnen. Sie werden wohl auch Steine, Klippen und noch anders benannt. Die Felsen bilden daher eine kleine Abtheilung von Reliefformen, welche, ungeachtet ihrer verhältnissmässig geringen Dimensionen, doch zu den auffallendsten Erscheinungen der Erdoberfläche gehören, wie sie denn durch ihre oft sehr grottesken und abenteuerlichen Gestalten der Einbildungskraft und dem Wunderglauben des Volkes gar reichlichen Stoff geliefert haben.

Es sind besonders gewisse Gesteine zu sehr auffallender Felsbildung geeignet; dahin gehören z. B. die Granite, Porphyre, Grünsteine, Phonolithe, Basalte, Quarzite, Kalksteine, Dolomite und Sandsteine; doch können unter günstigen Umständen fast alle nur einigermaassen feste Gesteine zu sehr kühnen und bizarren Formen ausgebildet sein*). Die meisten isolirten Felsen haben eine unregelmässige kegelförmige oder pyramidale Gestalt; andere erscheinen als scharf ausgezackte Kämme, oder als vielfach zersplitterte Grate; noch andere wie Thürme, Obelisken, Pfeiler oder Säulen, wie Ruinen von Mauern und Gebäuden, oder in irgend anderen nachahmenden Gestalten**); ja, manche sind sogar keulenförmig gestaltet, d. h. nach unten schmäler als nach oben, so dass man jeden Augenblick ihren Umsturz befürchten möchte. Zuweilen sind sie durchbrochen, und bilden grosse Portale oder thorähnliche Durchgänge, an welche sich in gewisser Hinsicht die natürlichen Brücken an-

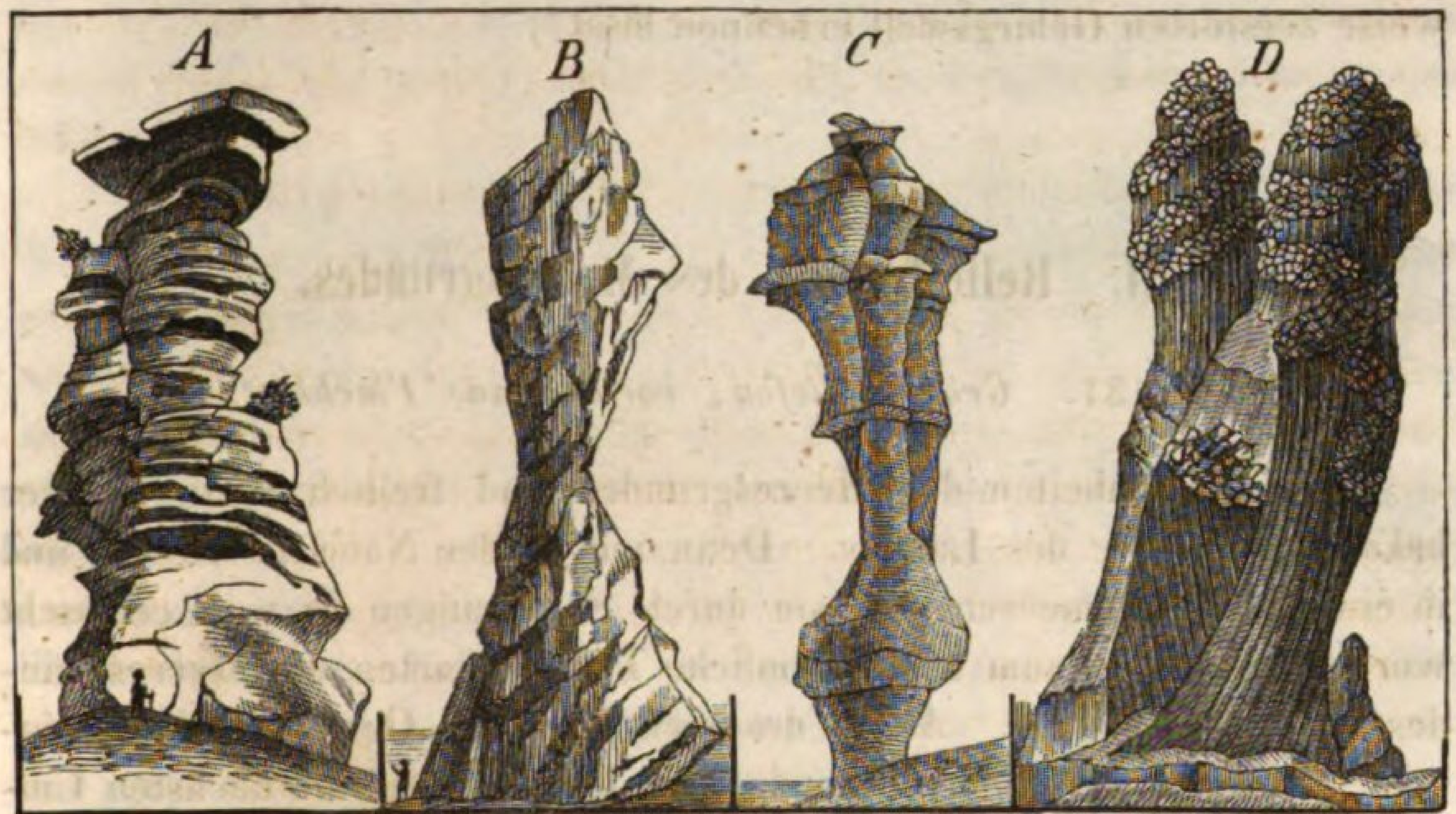
*) So unter anderen auch Gyps, Steinsalz und Eis, welches letztere sowohl auf den Gletschern als in den schwimmenden Eisbergen die wunderbarsten und verwegensten Formen zeigt, so dass es in dieser Hinsicht wohl alle eigentlichen Gesteine übertrifft. Ganz merkwürdige, spitz kegelförmige Felsen von Bimssteintuff, 150 bis 300 F. hoch, dicht gedrängt, wie ein Wald von Thürmen erscheinend, sah Hamilton bei Utsch-hissar und Urgub in Kleinasien, westlich vom Argäus. *Trans. of the geol. soc.*, 2. *ser.*, *V*, *p.* 593.

**) Sie sind daher wohl auch bisweilen für künstlich aufgerichtete Monumente gehalten worden, wie denn manche kleinere in der That an die Runensteine, Druidensteine oder Menhirs erinnern, welche man so häufig in Scandinavien, Grossbritannien, in der Bretagne u. a. Gegenden findet.

schliessen. Sie ragen selten einzeln auf, sondern sind gewöhnlich in grösserer oder geringerer Anzahl zu Gruppen oder Reihen versammelt.

Da die Manchfaltigkeit der Gestaltung und Gruppirung unendlich gross ist, so mag es genügen, hier einige Beispiele in Bildern vorzuführen.

Figur *A* stellt einen Felsen von Buntsandstein dar, welcher in Rheinbaiern zwischen Annweiler und Dahn aufragt; ganz ähnliche Formen finden sich häufig am Quadersandsteine in der sogen. Sächsischen Schweiz. Der in Fig. *B* abgebildete Quarzitfelsen des Balwano-Is liegt



Felsen von Buntsandstein bei Annweiler. | Quarzitfels Balwano-Is im Petschoralande. | Kalksteinfels auf einer der Minganinseln. | Lots Weib, Phonolithfels auf St. Helena.

im Lande der Petschora, unweit der Quellen dieses Flusses*). Fig. *C* ist ein Kalksteinfelsen auf einer der Mingan-Inseln, wo viele sehr abenteuerlich gestaltete Felsformen an der Meeresküste aufragen. Fig. *D* zeigt einen seltsam gestalteten Felsen von säulenförmig abgesondertem Phonolith, dergleichen auf der Insel St. Helena noch mehre bekannt sind.

Dergleichen seltsame und schroffe Felsgestalten finden sich übrigens besonders häufig an den Küsten des Meeres, oder auf kleinen Inseln, und

*) Fig. *A* ist entlehnt aus v. Leonhards populärer Geologie, III, S. 53; Fig. *B* aus Keyserlings Reise in das Petschoraland, S. 366; Fig. *C* aus *Bayfields* Abhandlung in den *Trans. of the geol. soc.*, 2. *ser.*, *V*, *p.* 93, und Fig. *D* aus *Seale's Geognosy of the Island St. Helena.* Seale hielt das Gestein dieses Felsen für Basalt; Darwin bestimmte es als Phonolith.

sind dann als Producte der zerstörenden Gewalt des benachbarten oceanischen Elementes anzusehen; doch kommen sie auch auf Gebirgsrücken, im Berglande, Hügellande und stellenweise selbst im Flachlande vor, wo sie theils als die Resultate vieltausendjähriger meteorischer Einwirkungen, theils als die Monumente vorweltlicher Angriffe der Gewässer zu deuten sind, welche zu einer Zeit gebildet wurden, da eine ganz andere Vertheilung von Wasser und Land bestand, als gegenwärtig. In allen Fällen aber sind sie als wirkliche Ruinen, als Ueberbleibsel ehemaliger grösserer Massen zu betrachten, wie diess auch ihre ganze Erscheinungsweise beurkundet, welche sie auf den ersten Blick als die Trümmer einer theilweise zerstörten Gebirgswelt erkennen lässt*).

II. Reliefformen des Meeresgrundes.

§. 131. *Grösste Tiefen; vorwaltende Flachheit.*

Die Unebenheiten des Meeresgrundes sind freilich weit weniger bekannt, als jene des Landes. Denn nur in der Nähe der Küsten und in einigen Binnenmeeren sind sie durch Sondirungen so weit erforscht worden, dass man zum Theil förmliche Terraincharten des Meeresgrundes entwerfen konnte. Allein draussen im freien Oceane sind nur einzelne Regionen desselben, besonders die Untiefen und die nächsten Umgebungen der Inseln auf ähnliche Weise sondirt worden, während in allen denjenigen Regionen, wo das Meer hinreichend tief ist, um selbst bei den heftigsten Stürmen keine Gefahr für die Schiffe befürchten zu lassen, wenigstens kein nautisches Interesse zur Erforschung seiner Tiefen vorliegt.

Wenn man jedoch bedenkt, dass der Meeresgrund nur die unter dem Wasser liegende Fortsetzung des Landes ist, und dass er stellenweise mit vielen tausend Fuss Tiefe noch nicht erreicht werden konnte, während er doch anderwärts mit Inseln hervortritt, welche sich zuweilen viele tausend Fuss über den Meeresspiegel erheben; so wird man im Allgemeinen auf das Vorhandensein bedeutender Unebenheiten schliessen, und auf dem Meeresgrunde, eben so wie auf dem Lande, eine Abwechslung von Höhen und Tiefen voraussetzen müssen.

*) Manches hierher Gehörige findet sich in C. W. Ritter, Beschreibung merkwürdiger Berge und Felsen, 1806.

Dass aber die Tiefen des Oceans mitunter ausserordentlich gross sind, und dass sich die Oberfläche der festen Erdkruste stellenweise eben so tief unter den Meeresspiegel einsenkt, als sie in den höchsten Gebirgen über denselben aufragt, diess beweisen die von mehren Seefahrern vorgenommenen Sondirungen oder Peilungen. So ist z. B. in der Südsee, 230 Seemeilen südlich von den Bunker-Inseln, mit 11670, und 185 Meilen westlich vom Cap Hoorn, mit 12300 Par. F. Tiefe noch kein Grund erreicht worden*).

Im Atlantischen Meere wurde, etwa 300 Engl. Meilen westlich vom Cap der guten Hoffnung, eine Tiefe von 12500, und fast mitten zwischen der Insel St. Helena und der Brasilianischen Küste die erstaunliche Tiefe von 25900 P. F. gepeilt, ohne dass der Meeresgrund erreicht worden wäre**).

Allein ungeachtet der sehr bedeutenden Tiefen, bis zu welchen der Meeresgrund an einzelnen Puncten und Strichen hinabsinkt, und ungeachtet des hohen Aufragens einzelner Inseln über dem Meeresspiegel, wodurch allerdings sehr grosse Höhendifferenzen herbeigeführt werden, lässt sich doch wohl im Allgemeinen annehmen, dass der Meeresgrund überhaupt mehr den Charakter des Flachlandes, als den des Hochlandes haben werde. Es ist nämlich nicht zu läugnen, dass auch auf dem Lande die Tiefländer als die flacheren und besonders eben ausgedehnten Theile der Erdoberfläche gelten müssen. Eine genauere Betrachtung lehrt nun, dass solches vorzüglich darin seinen Grund hat, weil diese Tiefländer grösstentheils aus Schichten von aufgeschwemmtem Lande bestehen, welche durch den Act der Anschwemmung selbst mehr oder weniger horizontal ausgebreitet werden mussten. Dergleichen Anschwemmungen finden nun aber in dem weitgedehnten Becken des Oceans fortwährend Statt. Die erstaunlich grossen, und im Verhältniss zu ihrer horizontalen Ausbreitung doch nur wenig vertieften Bassins des Oceans empfangen nämlich seit vielen 1000 Jahren die Sand- und Schlamm-Massen, welche

*) Poggend. Ann., Bd. 51, S. 176.

**) *James Ross*, *Voyage to the Southern Seas*, 1847, *vol. II*, *p.* 381. Es ist diess, wie Ross sagt, die grösste bis jetzt wirklich nachgewiesene Tiefe des Meeres, welche die des Jawahir, als des am genauesten gemessenen Colosses des Himalayagebirges bedeutend übertrifft. Da aber der Meeresgrund noch nicht erreicht wurde, so ist es wohl sehr wahrscheinlich, dass derselbe an einzelnen Puncten eben so tief unter dem Meeresspiegel liegt, als der Gipfel des Dhawalagiri über demselben. Nach den Messungen von Blake wird der letztere 26340 P. F. hoch angenommen, wogegen Herbert ihn um 1000 F. niedriger bestimmte; *d'Archiac*, *Histoire des progrès de la Géologie*, *t. I*, *p.* 158.

die Ströme beständig dem Lande entreissen und in das Meer hinausschaffen. Die gröberen Theile dieser Anschwemmungen werden zwar in der Regel nahe an den Küsten abgesetzt, und bilden daselbst Barren, Sandbänke und Untiefen. Allein die feineren Theile können sehr weit in das Meer hinaus gelangen, wo sie dann, von Meeresströmungen ergriffen, in immer entferntere und freiere Gegenden des Oceans fortgeführt werden, und sich allmälig in solchen Tiefen niederschlagen, aus denen sie nicht wieder entführt werden können.

So ist denn die Natur fortwährend damit beschäftigt, die grossen Tiefen der oceanischen Bassins auszufüllen, und die Unebenheiten derselben auszugleichen und zu nivelliren. Rechnet man nun hierzu die Ueberreste zahlloser Meeresgeschöpfe, welche alljährlich in vielen Millionen Individuen entstehen und vergehen, und deren feste Theile an Schalgehäusen, Korallen, Knochen u. s. w. zugleich mit jenen Schlamm-Sedimenten auf dem Grunde des Meeres abgesetzt werden; und vergisst man nicht die ungeheuren Zeiträume, durch welche diese beiderlei Absätze schon Statt gefunden haben müssen, so wird man eine zwar langsam und allmälig, aber eine sicher fortschreitende Ausgleichung aller Unebenheiten in den Tiefen des Oceans und eine allmälige Erhöhung des Meeresgrundes sehr natürlich finden. Der Meeresgrund mag sich daher auch, wenigstens in dem weiten Oceane und fern von Inseln und Continenten, ziemlich flach und horizontal ausbreiten.

Diess bestätigt sich auch für diejenigen Meerestheile, welche genauer sondirt worden sind. Die gewöhnliche Tiefe der Ostsee beträgt in ihrer Mitte 180—240 F., und der tiefste bekannte Punct ihres Grundes, zwischen Windau und der Insel Gottland, liegt nach Capitain Albrecht 1100 Fuss tief. Wenn ihr Wasserspiegel um 300 F. tiefer läge, oder ihr Grund um eben so viel gehoben würde, so könnte man trocknen Fusses von Pommern nach Schonen gehen. Eben so ist die Tiefe der Nordsee zwischen England, Holland, Dänemark und Süd-Norwegen im Allgemeinen gering und so wenig wechselnd, dass ihr Boden den Charakter eines Flachlandes haben muss. Das Letztere gilt auch vom grössten Theile des Mittelländischen Meeres, obwohl dasselbe eine weit grössere absolute Tiefe erreicht.

§. 132. *Meeresgrund an den Küsten; Bänke, Riffe, Schären.*

In der Nähe des Landes erscheint die Beschaffenheit des Meeresgrundes gewöhnlich abhängig von der Reliefform der Küste, so dass sich von dieser auf jene schliessen lässt. An sehr niedrigen und flachen Küsten ist auch der Meeresgrund seicht und eben; an sehr hohen und steilen Küsten dagegen pflegt das Meer sogleich eine bedeutende Tiefe zu

haben. Den Steilküsten entspricht also tiefer, den Flachküsten seichter Meeresgrund.

Indessen ist doch diese, zuerst von Dampier aufgestellte Regel*) keinesweges als allgemein giltig zu betrachten, da sie manchen Ausnahmen unterliegt, wofür unter Anderem die Koralleninseln sehr auffallende Beweise liefern, welche äusserst niedrige und flache Inseln sind, während doch der Meeresgrund in ihrer Nähe gewöhnlich sehr steil und tief abzufallen pflegt.

Die hohen Inseln lassen sich gewissermaassen als die Gipfel und oberen Regionen submariner Gebirge betrachten; wo daher eine lange Kette solcher Inseln liegt, da kann man auch eine submarine Gebirgskette voraussetzen, welche, wenn die Inselreihe genau in die verlängerte Richtung einer continentalen Gebirgskette fällt, und dicht an derselben ihren Anfang nimmt, als die submarine Fortsetzung derselben anzusehen ist. Nur darf man diese Beziehungen der Inseln zu den Gebirgsketten der Continente nicht so weit verfolgen, wie diess z. B. von Buache geschah, welcher alle Gebirgsketten als zusammenhängende Züge betrachtete, und diese Züge durch die fernsten und tiefsten Meere, über Inseln, Klippen, Riffe und Untiefen weg verfolgte, ohne sich dabei durch die oft sehr grossen Zwischenräume irre machen zu lassen, und ohne den wesentlichen Unterschied der vulcanischen und nicht-vulcanischen Inseln zu berücksichtigen.

So wie sich der Meeresgrund gegen die Küsten der Continente und Inseln aus der Tiefe heraushebt, so giebt es auch mehrorts mitten in der freien See oder doch in bedeutender Entfernung vom Lande seichtere Stellen des Meeresgrundes, welche auffallend näher unter die Oberfläche heraufreichen, als die benachbarten Regionen. Dergleichen Stellen nennt man U n t i e f e n, wenn sie so seicht sind, dass sie der Schifffahrt gefährlich werden können, oder B ä n k e, wenn sie eine grössere Tiefe erreichen, ohne es jedoch mit diesem Unterschiede sehr genau zu nehmen.

So liegt z. B. die grosse Doggersbank und Langbank zwischen England und Dänemark in der Linie von Newcastle nach Tondern 17 Faden, in der Linie von Edinburgh nach Holmsland 30 Faden tief, während die grösste Tiefe der Nordsee in der ersten Linie auf der Westseite der Bank 45, auf der Ostseite 28 Faden, in der zweiten Linie auf der Westseite 50 und auf der Ost-

*) *Voyage autour du monde, t. II, p. 476; généralement tel est le fond qui parait au dessus de l'eau, tel est celui, que l'eau couvre.*

seite 40 Faden beträgt. Die grosse Bank von Neufundland, welche sich vom 42. bis 50. Breitengrade erstreckt, ist über 120 geogr. Meilen lang, und an einer Stelle bis 47 Meilen breit, während die mittlere Tiefe ihrer im Allgemeinen sehr ebenen Oberfläche etwa auf 40 Faden gesetzt werden kann, das Meer an ihren Rändern aber zu 100 bis 300 Faden tief ist. Man kann daher solche Bänke in der That als submarine Hochebenen oder Plateaus betrachten.

Riffe nennt man weit fortsetzende Felsenbänke, die sehr wenig oder gar nicht aus dem Wasser hervorragen, und bisweilen auf grosse Strecken längs den Küsten hinziehen; man unterscheidet sie besonders als Felsenriffe und Corallenriffe, je nachdem sie von Gestein oder von Corallen gebildet werden.

An der Küste Brasiliens lässt sich z. B. ein niedriges Sandsteinriff mehr oder weniger unterbrochen vom Cabo Frio bis zum C. do Calcanhar, also fast durch 18 Breitengrade verfolgen, bald dicht an der Küste hinlaufend, bald weiter zurücktretend; vom C. Frio bis zu $13^1/_3{}^\circ$ S. B. vielfach unterbrochen, von dort an aber bis zum nördlichen Ende sehr stetig ausgebildet und nur an den Flussmündungen geöffnet; meist von der Höhe des mittleren Wasserstandes, oder bis 10 F. darüber. Der schöne Hafen von Pernambuco wird von diesem Riffe gebildet, an dessen Gestein sich die Sturmfluthen brechen*). Als das grösste bekannte Corallenriff ist wohl dasjenige zu betrachten, welches Neuholland an seiner nordöstlichen Seite umgiebt; dasselbe ist nach Flinders fast 1000 Engl. Meilen lang, läuft der Küste ungefähr parallel in meist 20 bis 30, stellenweise auch 50 bis 70 Meilen Abstand, und hat gewöhnlich 10 bis 20 Faden Wasser über sich.

Felsen, welche nicht zu langen, stetig fortsetzenden Kämmen oder Bänken verbunden, sondern mehr einzeln zerstreut, oder an einander gereiht sind, nennt man Klippen oder Schären, welcher letztere Name besonders an den Küsten der Nordsee und Ostsee für die daselbst ausserordentlich zahlreich vorkommenden kleinen und niedrigen Felseninseln gebraucht wird.

Da der Zweck und der Raum dieses Lehrbuches ein specielleres Eingehen auf die Formen der Erdoberfläche verbietet, so möge hier auf folgende Werke verwiesen werden, welche diesen Gegenstand z. Th. ausführlich behandeln. Kühn, Handbuch der Geognosie, Band I, 1833, §. 74—151. Fr. Hoffmann, Physikalische Geographie, 1837, S. 135 ff. Berghaus, Allgemeine Länder- und Völkerkunde, Bd. II, 1837, S. 407 ff. v. Leonhard, Lehrbuch der Geognosie und Geologie, 2. Aufl., 1848, S. 679 ff.

*) Nach v. Olfers, in Karstens Archiv für Min., Bd. 4, S. 173.

III. Entstehung der Continente und Gebirge.

§. 133. *Bildung des Landes überhaupt.*

Nachdem wir in den vorhergehenden Paragraphen die wichtigsten Formen des Landes oder der Erdveste überhaupt kennen gelernt haben, so drängt sich uns beim Schlusse dieser Betrachtungen die Frage auf, in welcher Weise und durch welche Kräfte wohl jene Formen zur Ausbildung gelangt sind. Diese Frage können wir zwar an gegenwärtigem Orte nur in grosser Allgemeinheit beantworten; desungeachtet aber wird ihre Beantwortung die wesentlichen Elemente zu der Antwort auf alle ähnlichen Fragen liefern, welche wir uns in Betreff einzelner Länder oder Gegenden stellen können.

Das gegenwärtige Land überhaupt ist in früheren geologischen Perioden grösstentheils Meeresgrund gewesen. Dieser Satz, für welchen wir in unsern ferneren Betrachtungen zahllose besondere Beweise kennen lernen werden, wird schon ganz allgemein durch die unumstössliche Thatsache erwiesen, dass wir mitten in den Continenten, in den Tiefländern wie auf den höchsten Gebirgen und Plateaus, die Ueberreste unzähliger Meeresthiere im Gesteine eingeschlossen finden; weshalb wir die Schichten dieser Gesteine für gar nichts Anderes erklären können, als für Bodensätze oder Sedimente, welche sich auf dem einstmaligen Meeresgrunde abgesetzt haben. Ja, eine und dieselbe Region des Landes muss oft in sehr verschiedenen Perioden als Meeresgrund existirt haben, da wir gar nicht selten Schichten mit den Ueberresten mariner Organismen von anderen Schichten bedeckt sehen, in welchen z. B. nur Landpflanzen vorkommen, während diese wiederum die Unterlage noch anderer Schichten bilden, welche abermals die Beweise einer submarinen Bildung in sich verschliessen.

So finden sich z. B. in Sachsen, zwischen Wildenfels und Zwickau, über denen, stellenweise mit versteinerten Meeresthieren erfüllten Schichten der Grauwackenformation, die Schichten der Steinkohlenformation, in welchen keine Spur von solchen Thierresten, wohl aber eine ausserordentliche Menge von Landpflanzen niedergelegt ist. Darüber folgen die Schichten des Rothliegenden, welche zwar denselben Charakter zu tragen scheinen, nach oben aber von den Schichten des sogenannten Zechsteins bedeckt werden, die ganz entschieden auf dem Grunde des Meeres gebildet wurden. In anderen Gegenden, wie z. B. bei Pirna, finden wir die noch höheren Schichten des Quadersandsteins, die wiederum einer ganz anderen Meeresbedeckung angehören; so dass also in diesem kleinen Theile der Erdoberfläche nicht weniger als drei,

in sehr verschiedenen Zeitperioden Statt gefundene Meeresbedeckungen zu erkennen sind, welche von einander durch zwischenliegende sehr lange Perioden der Emersion getrennt waren.

Dergleichen hier nur ganz allgemein angedeutete Thatsachen lassen sich nun aber im Gebiete der meisten bekannten Regionen der Continente nachweisen, indem es verhältnissmässig nur wenige Landstriche giebt, welche jeden bestimmten Beweis einer vormaligen Submersion unter den Meeresspiegel vermissen lassen, während sehr viele Landstriche in der wiederholt wechselnden Beschaffenheit ihrer Gesteinsschichten die Beweise wiederholter Submersionen und dazwischen fallender Emersionen geliefert haben.

Was Anderes aber erkennen wir in diesen Thatsachen, als dieselben Erscheinungen, welche wir schon oben (S. 247 bis 281), wenn auch in kleinerem Maassstabe, als Hebungen und Senkungen des Bodens kennen gelernt haben? Und wie könnten wir eine einfachere und natürlichere Erklärung für jene, in grauer Vorzeit Statt gefundenen abwechselnden Submersionen und Emersionen suchen und finden wollen, als diejenige, welche uns die gleichartigen Erscheinungen der Gegenwart und der sich unmittelbar anschliessenden Vergangenheit darbieten? Dieselben Ursachen, welche jetzt noch den merkwürdigen Mechanismus einer bald steigenden bald sinkenden Bewegung der Erdveste vermitteln, dieselben Ursachen werden wohl auch in früheren geologischen Perioden wirksam gewesen sein; wenn wir uns auch nicht verbergen können, dass sie damals eine weit grössere Energie bethätigt und nach einem weit grösserem Maassstabe gearbeitet haben, als gegenwärtig*).

Also theils säculare, theils instantane Emportreibungen und Senkungen grösserer oder kleinerer Theile der festen Erdkruste werden zu allen Zeiten mit einander abgewechselt, und dadurch jenen manchfaltigen Wechsel in der Lage des Meeresspiegels und in der Wasserbedeckung

*) Es sind also in der That lediglich noch jetzt wirksame Ursachen (*causes actuelles*), welche wir in Anspruch nehmen. Dass wir aber diesen Ursachen in früheren Zeiten oder auch periodisch eine stärkere Wirkung zuschreiben, diess wird wohl durch die veränderliche Beschaffenheit des Gegenstandes ihrer Wirksamkeit gerechtfertigt. Lyell und Andere sind der gegentheiligen Ansicht, und Omalius d'Halloy sagt mit Recht, dass diese Ansicht auf viele Geister eine Art von Tyrannei ausübe. Aber eben so fragt er mit Recht, ob solche Ansicht nicht häufig auf einer blosen Hypothese beruht, und ob man wirklich glauben könne, dass die Erde von jeher so beschaffen war, wie heutzutage. Gewiss nicht, antwortet er, denn sonst könnte sie nicht das sein, was sie eben jetzt ist. *Bull. de la soc. géol., 2. série, t. IV*, 1847, *p.* 531.

bald dieser bald jener Regionen herbei geführt haben, dessen Wirklichkeit durch zahllose Thatsachen verbürgt wird.

Es ist möglich, dass die Oberfläche der Erdveste einstmals in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig von den Gewässern des Oceans überfluthet war, und wir können einen solchen Zustand wenigstens voraussetzen, um einen Ausgangspunct für unsere Betrachtung zu gewinnen. Denken wir uns nun, dass damals grosse Regionen der Erdveste einer säcularen Senkung unterlagen, so musste das Meer dort tiefer werden, wodurch nothwendig andere Regionen anfangs in seichtere Meerestheile, und endlich, bei fortwährender Vertiefung der ersteren, in Land verwandelt wurden. Allein, wie noch gegenwärtig einzelne Regionen im Steigen begriffen sind, während andere einer Senkung unterliegen, so wird diess auch damals der Fall gewesen sein, und man begreift, wie durch den gleichzeitigen Einfluss beider Bewegungen in verschiedenen Regionen, einestheils die Ausbildung von tiefen Meeren, anderntheils die Ausbildung von Continenten bewirkt werden musste, welche letztere theils nur als flache Anschwellungen über den Meeresspiegel hervortauchten, theils aber auch, besonders in ihren centralen Gegenden, zu bedeutenden Plateaus aufstiegen.

Die auf solche Weise gebildeten Continente und Meere werden vielleicht durch Myriaden von Jahren fortbestanden haben, während welcher auf der Oberfläche der ersteren die Landgewässer in Wirksamkeit gelangten, auf dem Grunde der letzteren aber die Bildung von Sand- und Schlammschichten vor sich ging, in welchen die Ueberreste zahlloser Generationen von Meeresthieren eingeschlossen wurden; bis endlich da und dort säculare Bewegungen im entgegengesetzten Sinne eintraten, durch welche grosse Regionen des bisherigen Landes in Meeresgrund, und dafür grosse Regionen des bisherigen Meeresgrundes in Land verwandelt wurden. So entstand denn eine neue Vertheilung von Wasser und Land; und denken wir uns, dass sich ähnliche Wechsel im Laufe der Zeiten verschiedentlich wiederholt haben, so begreifen wir, wie eine und dieselbe Region der Erdveste nach und nach mit verschiedenen marinen Ablagerungen bedeckt werden konnte, welche aus ganz verschiedenen Perioden stammen, und durch Bildungen anderer Art von einander abgesondert werden.

Die allgemeine Empordrängung eines grösseren Theiles der Erdkruste wird aber nicht nur mit einer starken Spannung desselben verbunden gewesen sein, sondern auch eine wirkliche Ausdehnung in horizontaler Richtung bewirkt haben, wodurch bald hier bald dort Rupturen veranlasst werden konnten, welche ein höheres Aufsteigen einzelner

Theile des Hebungsfeldes, und somit die Bildung von Plateaus und von Stufenländern zur Folge hatten. Dergleichen an Spaltenrändern hin erfolgte Hebungen können auch ruckweise erfolgt sein; wie denn überhaupt die langsam wirkenden säcularen Bewegungen nicht selten durch instantane stärkere Bewegungen unterbrochen und in ihren Wirkungen unterstützt worden sein mögen. Dass auch da, wo ein Hebungsgebiet an ein Senkungsgebiet angränzte, sehr leicht Spaltungen und Zerreissungen der Erdkruste eintreten mussten, und dass dann längs des Spaltenrandes eine stärkere Emportreibung des Hebungsgebietes erfolgen konnte, diess ist einleuchtend; und so erklärt es sich, wie die Continente zu jeder Zeit bald an diesem, bald an jenem Theile ihrer Contoure mit schroffen Küsten aus dem Meere heraufstiegen, während sie anderwärts ganz allmälig in den Meeresgrund verliefen*).

Die gegenwärtige Vertheilung von Wasser und Land, deren Bild uns die Erdgloben oder die Charten beider Hemisphären vorführen, ist als das Werk der letzten Ereignisse dieser Art zu betrachten. Seit Jahrtausenden mag dieses Bild in seinen allgemeinen Umrissen eine gewisse Stabilität behauptet haben, und auf Jahrtausende hinaus dürfte ihm wohl auch diese Stabilität noch gesichert sein. Allein, wie schon an einzelnen Küsten vor unseren Augen mehr oder weniger auffällige Veränderungen im Gange sind, so wird auch dereinst eine Zeit kommen, da sich in dem Bilde beider Hemisphären wesentlich andere Contourformen der Continente herausstellen, als gegenwärtig.

Indessen dürfen wir es nicht übersehen, dass die Stabilität der Erdkruste und die Widerstandsfähigkeit ihrer einzelnen Theile dermalen weit grösser ist, als sie es in früheren Zeiten war, weil sie im Laufe der Zeiten durch die an ihrer Innenseite fortgehende Erstarrung beständig an Dicke zugenommen hat. Während daher in den frühesten geologischen Perioden die damals schwächere Erdkruste den gegen sie gerichteten Angriffen der plutonischen Kräfte leichter nachgeben musste, so wird diess in den späteren Perioden immer schwieriger der Fall gewesen sein, und auch gegenwärtig schwerer gelingen, als in der zuletzt verflossenen Periode**). Dazu kommt, dass die Vulcane, diese eigenthümlichen

*) Dana legt ein ganz vorzügliches Gewicht auf die Wirkungen, die an den Gränzen der Senkungsfelder Statt fanden, und scheint die Gebirgsketten lediglich aus diesen Wirkungen erklären zu wollen.

**) So sagte schon Leibniz in seiner *Protogaea*, §. *IV: Facies teneri adhuc orbis saepe novata est; donec quiescentibus causis atque aequilibratis, consistentior emergeret status rerum.*

Apparate, welche sich zu der Erdkruste in der That eben so verhalten, wie die Sicherheitsventile zu einem Dampfkessel, erst in den neueren geologischen Perioden zur Ausbildung gekommen zu sein scheinen, so dass der Erdveste in ihrer dermaligen Ausbildung eine weit grössere Stabilität gesichert sein dürfte, als diess in irgend einer der früheren Perioden der Fall war*).

Im Allgemeinen ist also die Bildung der Continente zu allen Zeiten das Werk jenes Mechanismus der Natur gewesen, welchen Humboldt so treffend als das Resultat der Reaction des noch flüssigen Innern unsers Planeten gegen die starre Kruste desselben bezeichnet hat; eine Reaction, welche sich allerdings in den verschiedenen Stadien der Abkühlung dieser Kruste verschiedentlich äussern musste. Doch glauben wir nicht, dass die säculare Abkühlung allein, namentlich in den späteren Stadien der Ausbildung unserer Erdkruste, hinreichend gewesen sei, um eine so bedeutende Capacitäts-Verminderung derselben hervorzubringen, wie sie für die Oscillationen im Stande ihrer Oberfläche und namentlich auch für die nachher zu besprechenden Erhebungen grosser Gebirgsketten vorausgesetzt werden muss; obgleich jene Oscillationen und diese Erhebungen im Vergleich zu den Dimensionen des ganzen Erdballs als sehr geringfügige Bewegungen anzusehen sind. Vielmehr scheint uns die, schon von Anderen ausgesprochene und oben S. 289 adoptirte Ansicht zu Hilfe genommen werden zu müssen, dass der an der Innenseite der Erdkruste ganz langsam fortgehende Erstarrungsprocess, also die Umwandlung von stark comprimirten f l ü s s i g e n Massen in s t a r r e Körper, einen weit grösseren Einfluss ausgeübt habe.

Hopkins stellte theoretische Untersuchungen über die Wirkungsart der plutonischen Druckkräfte gegen die Erdkruste an**), und gelangte dadurch zu

*) *Marcel de Serres* in der Einleitung zu seiner *Géognosie des terrains tertiaires, Montpellier,* 1829; *Virlet*, im *Bull. de la soc. géol., t. VI,* 1834, p. 215.

**) *Hopkins* hat in den *Cambridge Philosophical Transactions*, unter dem Titel *Researches in Physical Geology*, eine Reihe höchst wichtiger theoretischer Untersuchungen über die Beschaffenheit und die Verhältnisse des Erdinnern und der Erdkruste, und über die Wirkungsart der abyssodynamischen Kräfte geliefert, wobei denn auch die Theorie der Erhebung der Continente und Gebirge auf mechanische Principien zurückgeführt wird. Der einfachste Fall einer Erhebung der Erdkruste ist nach ihm derjenige, wo sich die erhebende Kraft auf einen P u n c t, oder auf eine Fläche von b e s c h r ä n k t e r Ausdehnung concentrirt. Die Erhebung wird dann k r e i s förmig erfolgen und einen Erhebungskrater oder Erhebungscircus bilden, aus dessen Mittelpuncte mehre Spalten strahlenförmig auslaufen, welche trianguläre Segmente zwischen sich einschliessen, die alle nach der Mitte zu aufsteigen und eine centrale Depression umgeben, wie solche theils durch die Erhebung, theils durch den Einsturz der Spitzen dieser Segmente entstehen musste. Die Theorie dieser Erhebungskratere ist übrigens schon früher sehr scharfsinnig und ausführlich von *Elie de Beaumont* entwickelt worden; (*Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France, III, p.* 193 ff. und *IV, p.* 97 ff.). Eine zweite Art der Erhebung

dem Resultate, dass gewöhnlich zwei sich rechtwinkelig kreuzende Systeme von parallelen Spalten entstehen müssen; ein Resultat, welches auch Rozet bestätigt*). Diess würde es erklären, warum sich die Küstenlinien der Continente (sofern sie durch Steilküsten bezeichnet sind) so häufig unter fast rechten Winkeln schneiden (S. 316). Die Ansicht, dass sich jede durch die Säcular-Contraction bewirkte Senkung oder Hebung in einem grössten Kreise über die ganze Erdveste ausdehnen müsse**), geht wohl zu weit, da sie eine solche Homogenität und eine so völlige Gleichheit der Dicke und der Widerstandsfähigkeit der Erdkruste in allen ihren Theilen voraussetzt, wie sie unmöglich zugestanden werden kann. Deluc, Prévost und Dana wollen die ganze Bildung des Landes und seiner Gebirge fast nur durch Senkungen der Erdkruste erklären, so dass das Aufsteigen des Landes lediglich als ein relatives, als ein Zurückbleiben desselben über dem gesunkenen Meeresgrunde zu betrachten wäre***). Auch glaubt Dana, dass die ersten Senkungsfelder eine kreisförmige oder elliptische Form gehabt haben, und überhaupt den grossen Krateren der Mondoberfläche ähnlich gewesen sind; was sich freilich weder beweisen noch widerlegen lässt.

§. 134. *Bildung der Gebirgsketten.*

Wenn uns auch der vorhergehende Paragraph über die allgemeine Entstehung der Continente und Meere belehrt, so scheint doch die Aus-

ist die, wo die erhebenden Kräfte einen grossen Landstrich oder eine lange und breite Zone der Erdkruste in Angriff nahmen. In einem solchen Falle musste während der ganzen Dauer der Wirksamkeit dieser Kräfte der betreffende Landstrich einer Spannung oder Streckung unterliegen, welche endlich Rupturen oder Spaltungen desselben zur Folge hatte. Hopkins beweist nun aus den Gesetzen der Mechanik, dass jene Spannung allemal nach zwei Richtungen ein Maximum ihrer Intensität erreichen musste, von welchen die eine der Länge, die andere der Breite des Erhebungsfeldes entspricht, daher denn auch gewöhnlich zwei Systeme sich rechtwinklig kreuzender Spalten gebildet wurden, deren jedes aus mehren parallelen Spalten besteht, an deren gleichzeitiger Ausbildung nicht gezweifelt werden kann. Uebrigens glaubt Hopkins beweisen zu können, dass diese Spaltenbildung stets an der Innenseite der Erdkruste ihren Anfang nahm, und von dort aus aufwärts fortschritt, bis sie endlich die Oberfläche erreichte. In seiner neuesten Abhandlung über die Architektur des Erhebungsfeldes der Wealdenformation zeigt er endlich, welchen wesentlichen Einfluss die geotektonischen Verhältnisse des erhobenen Districtes auf den Verlauf der Spalten ausüben mussten, und wie durch sie der von der Theorie geforderte geradlinige und parallele Verlauf eines und desselben Spaltensystems manchen Perturbationen unterliegen konnte.

*) In seinem *Mémoire sur les irrégularités que présente la structure du globe terrestre*, in den *Mém. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. I*, 1844.

**) Frapolli, in Poggend. Ann., Bd. 69, 1846, S. 481.

***) *Prévost*, in *Bull. de la soc. géol.*, *t. XI*, *p.* 183 ff. und *Dana*, in *The Amer. Journ. of sc.*, 2. *series*, *t. III*, *p.* 177.

bildung der Gebirgsketten und Plateaus noch eine besondere Erklärung zu bedürfen. Dabei müssen wir aber bemerken, dass es sich hier durchaus nicht um die Frage handelt, wie das Material der Gebirgsketten entstanden ist, sondern lediglich darum, wie die Massen derselben zu ihrer gegenwärtigen, mehr oder weniger hoch aufragenden Form gelangt sind*). Das Material der Gebirgsketten setzen wir in der Regel nach seinem Bestande und Verbande als präexistirend voraus, und nur bei den Vulcanen und bei ähnlichen Gebirgsbildungen fällt die Frage nach der Entstehung der Form mit der Frage nach der Entstehung des Materials zusammen**). Daher könnte man auch mit Studer die Gebirgsketten überhaupt als Eruptionsketten und dynamische Ketten (Hebungsketten) unterscheiden, je nachdem sie durch die an Ort und Stelle erfolgte Aufthürmung von neu gebildeten eruptiven Gesteinsmassen, oder durch eine dynamische Emportreibung der bereits existirenden äusseren Erdkruste gebildet worden sind***).

Die grösseren und besonders die mitten in den Continenten liegenden Plateaus scheinen zugleich mit dem Lande entstanden und daher wesentlich Producte der säcularen Erhebung zu sein. Sie dürften denjenigen Regionen der Erdkruste entsprechen, gegen welche sich die Wirkung des inneren Druckes vorzugsweise concentrirte, oder welche den geringsten Widerstand leisteten, daher sie höher aufwärts gedrängt wurden, als die angränzenden Regionen, und das Maximum der Anschwellung bezeichnen. Die alten Strandlinien an den Küsten der Continente zeigen ja nicht selten landeinwärts ein bedeutend höheres Ansteigen, und liefern somit den Beweis, dass auch die letzten Hebungen der gegenwärtigen Länder im Innern derselben stärker gewirkt haben, als an den Meeresküsten. Es ist vorauszusetzen, dass diess bei

*) Heim, Geol. Beschr. des Thüringer Waldgebirges, Th. III, 1812, S. 194. Der Verf. dieses, wenn auch unbequem redigirten, so doch an genauen Beobachtungen und trefflichen Bemerkungen sehr reichen Werkes tritt a. a. O. S. 185—215 als ein geistreicher und glücklicher Verfechter der Ideen Saussüre's auf.

**) Die submarinen Berge und Höhenzüge, welche als solche durch die Korallenthiere gebildet werden, würden allerdings in dieser Hinsicht mit den Vulcanen in eine Kategorie zu stellen sein; da wir es aber hier zunächst mit den Gebirgen des Landes zu thun haben, als welche doch jene Korallenmassen erst dann erscheinen können, wenn der sie tragende Meeresgrund zur Emersion gelangt ist, so können wir einstweilen von ihnen abstrahiren.

***) Studer, Lehrb. der phys. Geogr., II, S. 209. Doch ist zu erwähnen, dass Studer mit dem Worte Kette nicht denselben Begriff verbindet, welcher gewöhnlich und auch hier als Gebirgskette bezeichnet wird.

der Bildung aller Continente mehr oder weniger der Fall gewesen sei, wodurch sich die Entstehung grosser Tafelländer und Plateaus in ihrem Innern erklären dürfte. Bei solchen Plateaus, welche mit hohen Terrainstufen oder auch durch terrassenförmige Stufenländer in das angränzende Land oder in den Meeresspiegel abfallen, dürfte die allgemeine säculare Erhebung mit partiellen instantanen Erhebungen verbunden gewesen sein, indem jede Plateaustufe einer Fracturlinie entspricht, auf deren einer Seite die Emportreibung in ein höheres Niveau Statt fand.

Was die Gebirgsketten betrifft, so setzt ihre erste Anlage allemal eine lineare oder zonare Erhebung voraus, welche sich in der Mitte oder auch am Rande eines aufgestiegenen Landstriches ereignete. Jeder solchen linearen Erhebung muss aber wohl in der Regel eine Ruptur der Erdkruste, oder eine Spaltung derselben in ihrer ganzen Mächtigkeit vorausgegangen sein*). Da nun Spalten gewöhnlich einen ziemlich geradlinigen Verlauf haben, so ist der ähnliche Verlauf der meisten Gebirgsketten begreiflich. Die allgemeine Form einer Gebirgskette wird aber eine wesentlich verschiedene sein, je nachdem die nach der Spaltung eingetretene Erhebung auf die eine oder die andere Weise erfolgte. Wurde nur der an der einen Seite der Spalte anliegende Theil der Erkruste aufwärts gedrängt, so enstand ein Wallgebirge mit steilem und schmalem Abfall auf der einen, mit flachem und breitem Abfall auf der andern Seite. Wurden dagegen beide Spaltenränder aus einander und zugleich aufwärts getrieben (während vielleicht gleichzeitig feurigflüssiges Material des Erdinnern heraufdrang) so entstand eine Kette, welche eine geringere Verschiedenheit in der Breite und Steilheit ihrer beiden Seitenabfälle besitzt. Wurde eine zwischen zwei oder mehren, ziemlich parallelen Spalten hinlaufende Zone aufwärts gedrängt, so entstand ein langgestrecktes Plateau oder auch ein System von Parallelketten. Uebrigens können auch manche Gebirgsketten dadurch entstanden sein, dass längs einer Spalte eine einseitige Senkung der Erdkruste eintrat, wodurch relative Niveaudifferenzen ausgebildet wurden, welche den in dem höheren Niveau verharrenden Theil der Erdkruste in der Form eines Gebirges rückständig erscheinen lassen.

Für die Erklärung der Ringgebirge (S. 380) und der nicht vulcanischen Erhebungskratere bietet sich kaum eine andere Vorstellung dar,

*) *Il faut bien distinguer les chaînes de montagnes des bombements du globe, dont elles occupent toujours (?) le sommet; ce sont des parties de ces mêmes bombements, où la croûte terrestre s'étant crevassée, les débris en ont été fortement inclinés etc.* Rozet, in *Mém. de la soc. géol., 2. série, I, p.* 48.

als dass sich entweder die Wirksamkeit des abyssodynamischen Druckes, oder auch die Widerstands-Unfähigkeit der Erdkruste auf einen kleineren Raum von kreisförmiger oder elliptischer Begränzung concentrirte*).

Was die Modalität der Erhebung betrifft, durch welche die Gebirgsketten gebildet wurden, so dürfte sie wohl in der Regel mehr den Charakter einer instantanen, als den einer sücularen Bewegung gehabt haben. Damit soll aber durchaus nicht gesagt werden, dass jede Gebirgskette mit einem Rucke *(d'un seul jet)* bis zu der ganzen Höhe ihres gegenwärtigen Aufragens emporgestiegen sei. Im Gegentheil ist es viel wahrscheinlicher, dass successiv mehre wiederholte Hebungen Statt gefunden haben, und dass also die meisten Gebirgsketten nicht als das Werk eines einmaligen Erhebungsactes zu betrachten sind, wenn solches auch für einige Gebirgsketten zugestanden werden mag. Eine genauere Untersuchung wird gewiss in den meisten Gebirgen die Beweise dafür auffinden lassen, dass sie durch mehrmalige Hebungen zu ihrer gegenwärtigen Höhe gelangten. Uebrigens ist keinesweges vorauszusetzen, dass jede einzelne Hebung die Kette in ihrer ganzen Ausdehnung ergriffen habe, oder dass, wenn solches der Fall war, die erhebende Kraft überall denselben Effect ausgeübt habe. Die ganze Erscheinungsweise der Gebirge und die Natur der bei ihrer Bildung wirksam gewesenen Ereignisse verweisen uns vielmehr darauf, dass bisweilen partielle, und gewöhnlich ungleichmässige Hebungen Statt gefunden haben.

Dass bei so gewaltsamen Convulsionen, wie es die Erhebungen der Gebirgsketten waren, die zu beiden Seiten der Erhebungsaxe liegenden obersten Ablagerungen der Erdkruste sehr bedeutende Störungen und Dislocationen erfahren, dass solche in ihren einzelnen Theilen Verschiebungen und Zerreissungen, Aufstauungen und Stürzungen, Biegungen und Faltungen erleiden mussten, diess lässt sich schon im Allgemeinen voraussetzen. Auch werden wir später diese mancherlei Wirkungen der Dislocationen auf die innere Structur der Gebirge genauer kennen lernen.

Die Spalten, längs welcher die Gebirgsketten heraufgestiegen sind, haben in vielen Fällen dem feurigflüssigen Materiale des Erdinnern den Ausweg an die Erdoberfläche geöffnet; was auch sehr begreiflich ist, da es ja eigentlich der Druck dieses flüssigen Erdinnern war, durch welchen die partiellen Emportreibungen der Erdkruste bewirkt wurden. Daher finden wir denn auch sehr häufig am Fusse oder in der Axe der Gebirgsketten mächtige Ablagerungen von solchen Gesteinen, welche sich nach allen ihren Verhältnissen als Abkömmlinge aus der Tiefe der Erde, als wirkliche Eruptionsgesteine zu erkennen

*) Vergl. die Anmerkung S. 399.

geben. Doch ist diess nicht bei allen Gebirgen der Fall, und noch weniger dürfen wir glauben, dass die Eruption irgend eines bestimmten Gesteins, oder dass auch nur die Tendenz eines bestimmten Gesteins zur Eruption alle Gebirgsketten gehoben habe. Der Hebungsact war das Resultat des Conflictes zwischen der Erdkruste und dem Erdinnern, also eine Wirkung abyssodynamischer Kräfte, welche allerdings als eine Tendenz zur Eruption von feurigflüssigem Material vorgestellt werden kann, ohne dass es doch in allen Fällen zu einer wirklichen Eruption gekommen ist. So wie daher die sücularen Erhebungen der Continente, dieser grösseren Anschwellungen der Erdkruste, gewiss häufig ohne alle Eruptionen vor sich gegangen sind, so wird diess auch bei den mehr instantanen Erhebungen vieler Gebirgsketten der Fall gewesen sein. Wohl aber werden die bei der Bildung der Gebirgsketten entstandenen Spaltungen der Erdkruste für spätere Eruptionen den Weg gebahnt und die Veranlassung gegeben haben, dass an ihrer Stelle das feurigflüssige Material des Erdinnern leichter hervorgepresst werden konnte, als an anderen Stellen, wo der Zusammenhang der Erdkruste noch gar keine Unterbrechung erfahren hatte*).

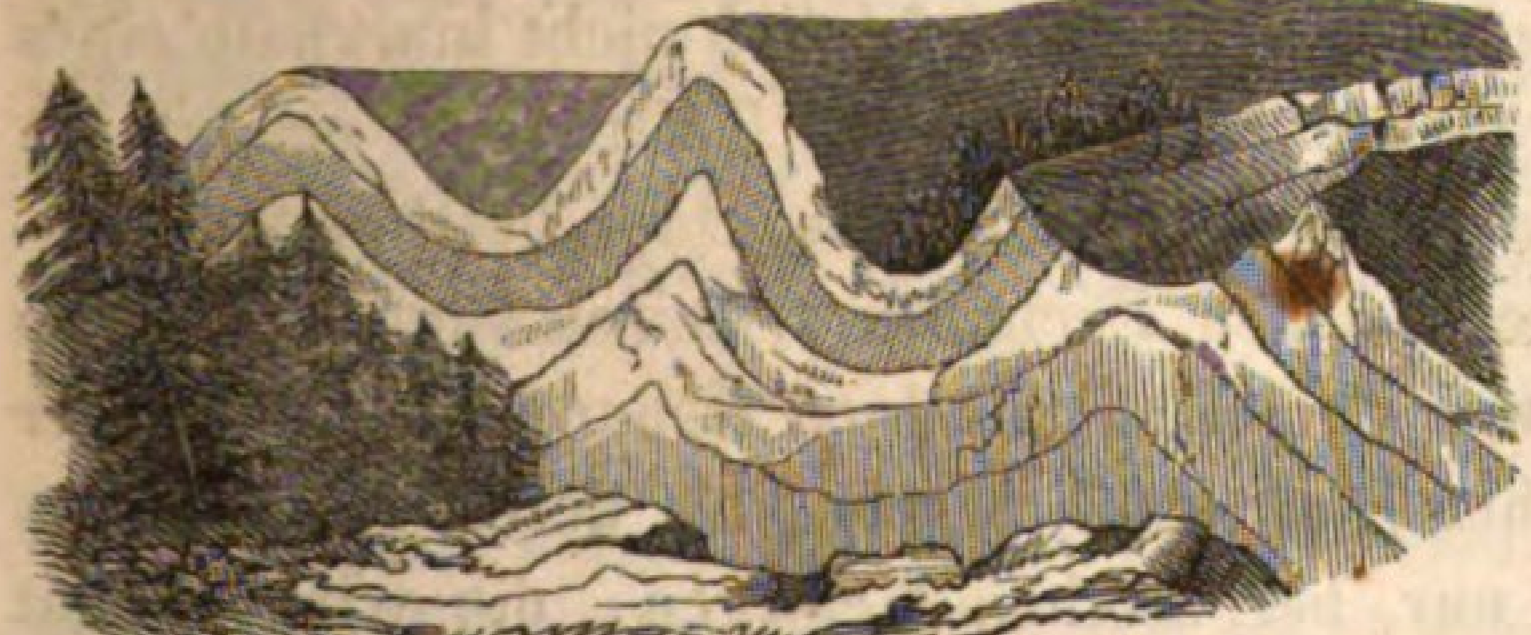
§. 135. *Weitere Ausbildung der Gebirgsformen.*

Die Erhebung einer Gebirgskette lieferte gewissermaassen nur den Block oder den Modellklotz, aus welchem das Gebirge selbst im Laufe der Zeiten bis zu seiner dermaligen Gestalt herausgearbeitet worden ist. Diese erste Form kann allerdings schon sehr verschiedentlich gegliedert gewesen sein, da die bereits vorhandenen Unebenheiten der erhobenen Zone durch die meist ungleichmässige Höhe der Erhebung noch gesteigert worden sein müssen, da manche Erhebungen mit grossartigen Faltungen und Stauchungen der zuletzt abgelagerten Schichtensysteme, mit gewaltigen Verschiebungen und Aufrichtungen, mit Zerspaltungen und Zerberstungen verbunden gewesen sein, und auch häufig partielle Einsenkungen in ihrem unmittelbaren Gefolge gehabt haben müssen. Jede zu einem Gebirge erhobene Zone der Erdoberfläche musste also, ausser den ursprünglich vorhandenen Unebenheiten, mancherlei durch den Erhebungsact selbst ausgebildete Erhöhungen und Vertiefungen erhalten, und sich mit diesem ganzen Systeme von Protuberanzen und Depressionen in ihrem neuen Niveau in das Gleichgewicht setzen.

*) Daher müssen wir wenigstens theilweise der Ansicht von *Constant Prévost* beistimmen: *Que les matières ignées (granites, porphyres, basaltes, laves etc.) loin d'avoir soulevé et rompu le sol pour s'echapper, ont seulement profité des solutions de continuité, qui leur ont été offertes par le retrait et les ruptures, pour sortir et s'épancher au dehors. Bull. de la soc. géol., XI, p.* 186. In ähnlichem Sinne spricht sich Frapolli aus, in Poggend. Ann., Bd. 69, S. 491.

Allein kaum war ein Gebirge gehoben, so wurde seine Oberfläche der Tummelplatz für das Spiel der Atmosphärilien und Gewässer. Die Meteorwasser stürzten hernieder und vereinigten sich zu Rieseln und Bächen, welche sofort in allen Rissen und Spalten, in allen Einsenkungen und Vertiefungen ihren Lauf nahmen, um dort die ganze Kraft ihrer Fallthätigkeit zu entwickeln. Gemeinschaftlich mit ihnen arbeiteten der Frost des Winters und die Thaufluthen des Frühlings, der zwar nur leise aber unermüdlich nagende Zahn der Verwitterung, und der nimmer ruhende Zug der Schwerkraft; dazu gesellten sich in den höheren Gebirgen die mächtigen Arbeiten der Gletscher, in allen aber die dann und wann eintretenden Wirkungen der Erdbeben. Die solchergestalt durch viele andere Kräfte unterstützte, Jahrtausende hindurch ununterbrochen fortgesetzte, und durch jede etwa wiederholte Hebung nach Stärke und Richtung verschiedentlich modificirte Fallthätigkeit der Gewässer war es nun, welche die ursprünglichen Formen des Gebirges auf das Manchfaltigste bearbeitete und abrundete, die Depressionen und Spalten zu Thälern, die Protuberanzen und Grate zu Jöchern umgestaltete, und überhaupt jene unbeschreibliche Manchfaltigkeit der Configuration herbeiführte, welche uns in jedem Gebirge eine immer neue und eigenthümliche Scenerie vor das Auge führt.

Die Gebirgsthäler werden nach der vorwaltenden Bedingung ihrer ersten Anlage als Spaltungsthäler, Erhebungsthäler, Einsenkungsthäler und Erosionsthäler unterschieden, obwohl bei ihnen allen die Erosion der Gewässer (z. Th. auch der Gletscher) und der Atmosphärilien als die letzte und noch gegenwärtig in Wirksamkeit befindliche Naturkraft zu betrachten ist. Viele Erhebungsthäler lassen sich auch als Faltungsthäler beschreiben, weil sie dadurch entstanden sind, dass bei der Erhebung des Gebirges ganze mächtige Schichtensysteme seitwärts zusammengestaucht und gefaltet worden sind, wo dann die aufwärts concaven Falten als Thäler, die aufwärts convexen Falten als Jöcher erscheinen. Die letzteren sind dabei nicht selten an ihrem Gipfel der Länge nach aufgeborsten, und haben in solchem Falle die Gelegenheit zur Bildung eigenthümlicher Erhebungsthäler gegeben, welche man auch Berstungsthäler nennen könnte.


Faltungs-Thäler im Jura.

Dergleichen Faltungsthäler und Berstungsthäler sind zum Beispiel im Schweizer-Jura eine sehr gewöhnliche Erscheinung, und die letzteren bilden oft die oben, Seite 383 erwähnten langgestreckten elliptischen Thäler, welche durch die kreisförmigen Erhebungsthäler mit den Erhebungskrateren in Zusammenhang gebracht werden. Die meisten Längenthäler der Gebirge (S. 357) sind wohl als Erhebungsthäler, die meisten Querthäler aber als Spaltungsthäler zu betrachten*).

Die schroffen Zackengipfel, die Hörner und Nadeln der Alpinischen Gebirge, die scharfen Grate und Kämme, und die oft entsetzlich hohen fast senkrechten Felswände derselben sind ihrer ersten Anlage nach gewiss grösstentheils durch die Zerspaltungen und Zersplitterungen des Gebirgskörpers entstanden, welche von jeder instantanen und grossartigen Erhebung und von denen damit verbundenen Convulsionen unzertrennlich waren. Denn wenn auch die späteren Wirkungen der Schwerkraft, der Atmosphärilien und der Gewässer gar Vieles dazu beigetragen haben, um jene früheren Formen umzugestalten, so können wir doch ihre erste Ausbildung unmöglich auf Rechnung dieser Ursachen setzen. Die eminenten, oft hoch aufragenden Einzelberge dagegen, welche in Gebirgen wie auf Plateaus, im Flachlande wie im Tieflande vorkommen, sind gewöhnlich entweder als rückständige Ruinen ehemals weiter ausgedehnter Massen, oder als an Ort und Stelle abgelagerte und aufgethürmte Massen zu betrachten. Die Vulcane und viele, ihrer Entstehungsart nach mit ihnen verwandte Berge (besonders der Trachyt-, Phonolith- und Basalt-Formation) gehören in diese letztere Kategorie.

§. 136. *Relative Altersbestimmung der Gebirgsketten.*

Wenn die Erhebung der meisten Gebirgsketten in einer successiven Repetition mehrer Bewegungen bestanden hat, wenn die Aufsteigung derselben in der Regel stufenweise, und folglich nicht innerhalb eines Augenblickes, sondern während eines längeren Zeitraumes erfolgt ist, so ergiebt sich freilich, dass man nicht einen einzelnen bestimmten Zeitpunct als die Epoche eines solchen Ereignisses fixiren kann. Eine so präcise Fixirung würde zwar für jeden einzelnen Hebungsact, nicht aber für die ganze Reihe solcher Acte möglich sein, als deren Resultat das Gebirge vor uns liegt; nur bei solchen Gebirgen, die wirklich mit einem Male bis zu ihrer ganzen Höhe aufgestiegen sind, würde eine ein-

*) Am seltensten kommen wohl die Einsenkungsthäler vor. Das oben, S. 186, erwähnte Val del Bove am Aetna liefert ein ausgezeichnetes Beispiel.

zige Erhebungs-Epoche ausreichen. Allein die Periode, innerhalb welcher die Erhebung einer Kette ihren Anfang und ihr Ende genommen hat, sowie die Epoche der letzten Hebung können wir in sehr vielen Fällen wenigstens relativ, d. h. in Bezug auf andere Bildungsprocesse der Natur bestimmen, und dadurch für die verschiedenen Gebirgsketten eine Art von chronologischer Reihenfolge ausmitteln.

Elie de Beaumont hat das grosse Verdienst, die Principien, auf welchen diese relative Altersbestimmung der Gebirge überhaupt beruht, zuerst methodisch zusammengestellt und auf eine bedeutende Anzahl von Gebirgsketten angewendet zu haben*); und wenn auch die damit verknüpften theoretischen Ansichten des berühmten französischen Geologen nur eine beschränkte Giltigkeit haben dürften, so wird doch dieser erste Versuch einer allgemeinen Begründung der chronologischen Reihenfolge der Gebirgs-Erhebungen in den Annalen der Wissenschaft für alle Zeiten als eine höchst bedeutende Arbeit anerkannt werden; als eine Arbeit, welche einen wesentlichen Einfluss auf die Fortbildung der Geologie ausgeübt hat. — Elie de Beaumont suchte nämlich die grossen Veränderungen, welche sich in der Natur der verschiedenen auf dem Meeresgrunde abgesetzten Gebirgsformationen zu erkennen geben, mit den Paroxysmen der Gebirgserhebung in einen ursachlichen Zusammenhang zu bringen, welchen er darin zu finden glaubte, dass jede Gebirgserhebung ein allgemeines Kataklysma verursacht habe, in Folge dessen nicht nur die Vertheilung von Wasser und Land verändert wurde, sondern auch die organische Natur in ein neues Stadium ihrer Entwicklung trat. Weil aber so grosse Wirkungen nur durch sehr allgemeine und heftige Kraftäusserungen der Natur erklärt werden können, so führte er (gestützt auf die sehr richtige Ansicht, dass parallele Spaltensysteme auch sehr häufig gleichzeitig gebildete Spaltensysteme sind) die Voraussetzungen ein, dass alle Gebirgsketten von parallelem Verlaufe zugleich erhoben wurden, und dass die Erhebung derselben plötzlich und mit einem Rucke erfolgt sei; zwei Voraussetzungen, durch welche jeder Erhebungsact zu einem sehr allgemeinen, zugleich aber auch zu einem

*) In seiner bekannten Abhandlung: *Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe*, in den *Ann. des sc. nat.*, *t. XIX*, 1829, und daraus in Poggend. Ann., Bd. 18 und Bd. 25. Auch in Fr. Hoffmanns Geschichte der Geognosie, S. 249 ff. und in den meisten Lehrbüchern der Geologie finden sich die Resultate dieser wichtigen Arbeit zusammengestellt; unter anderen recht gut in der von *Beudant* bearbeiteten *Géologie* des *Cours élémentaire d'histoire naturelle*, *p.* 212 ff.

sehr gewaltsamen Ereignisse gemacht wurde; wie diess allerdings erforderlich war, wenn die Epochen in der Entwicklungsgeschichte der äusseren Erdkruste durch die Gebirgs-Erhebungen bestimmt werden sollten.

Gegen diesen Theil der grossartigen Theorie Elie de Beaumont's sind nun von mehren Seiten Bedenken erhoben worden. Man hat gefragt, wie denn eigentlich auf der sphärischen Oberfläche des Planeten der Parallelismus von Gebirgsketten zu verstehen ist. Auf einem beschränkten Theile dieser Oberfläche, welcher nur ein kleines Segment der ganzen Kugel begreift, wie z. B. in dem Bereiche eines Erdtheils wie Europa oder Neuholland, da lassen sich Gebirgsketten von gleicher Orientirung, d. h. von gleichnamigen Streichungslinien, noch allenfalls als parallel betrachten. Wenn aber Gebirgsketten in Europa mit anderen in Südamerika, oder wenn welche in Nordamerika mit solchen in Asia verglichen werden sollen, dann verliert der Begriff des Parallelismus seine Anwendbarkeit. Die gleichnamigen geographischen Orientirungslinien sind für entfernte Regionen nicht einmal ungefähr parallel, und die nach ihnen bestimmten Streichlinien der Gebirge können es daher eben so wenig sein. Sollen die Hebungslinien als grösste Kreise gedacht werden, so würden offenbar Gebirgsketten von der verschiedensten Orientirung durch dieselbe Hebung hervorgebracht worden sein, sobald der grösste Kreis nicht der Aequator oder ein Meridian ist, während in allen Fällen der Begriff des Parallelismus doch nur für die antipodalen, oder um 180° aus einander liegenden Ketten erfüllt wäre. Sämmtliche Ketten, welche einen und denselben grössten Kreis rechtwinkelig durchschneiden, würden allerdings parallel in der wahren Bedeutung des Wortes sein, aber meistentheils eine sehr verschiedene Orientirung haben. Die Gebirgsketten sind jedoch weder als Bogen grösster Kreise, noch als Bogen von Parallelkreisen derselben zu betrachten; sie haben oft einen mehr oder weniger undulirten Verlauf, und die Idee eines Parallelismus derselben ist nur innerhalb kleinerer Regionen der Erdoberfläche, und auch da meist nur approximativ geltend zu machen*).

Nächstdem hat man Zweifel gegen die Richtigkeit der Ansicht erhoben, dass die Erhebung der Gebirgsketten bis zu ihrer gegenwärtigen Höhe mit einem Rucke vollzogen worden sei. Die stufenweise über einander liegenden Terrassen an den Küsten der Festländer verweisen uns eher auf die in §. 134 ausgesprochene Ansicht einer successiven, zu verschiedenen Zeiten wiederholten Erhebung, für welche auch in der That schon bei vielen Gebirgsketten die Beweise geliefert worden sind. Da übrigens Elie de Beaumont später die Wiederkehr von Erhebungen nach derselben Richtung selbst zugestanden hat, so kommt auch dieser Einwurf in Wegfall.

Wenn aber die Erhebungen der meisten Gebirgsketten weder gleichzeitig in grosser Verbreitung, noch plötzlich in ihrer ganzen Grösse Statt

*) *Boué* im *Bull. de la soc. géol., V*, 1834, *p.* 219; *Conybeare* im Neuen Jahrbuch für Min. 1835, S. 589; *Dana* im *Amer. Journ. of sc.*, 2. *ser.*, *III*, *p.* 385; Ph. Braun, im Neuen Jahrb., 1847, S. 788. Auch dieser letztere Aufsatz bietet, freilich in etwas schwülstigem und gesuchtem Style, manche beachtenswerthe Einreden.

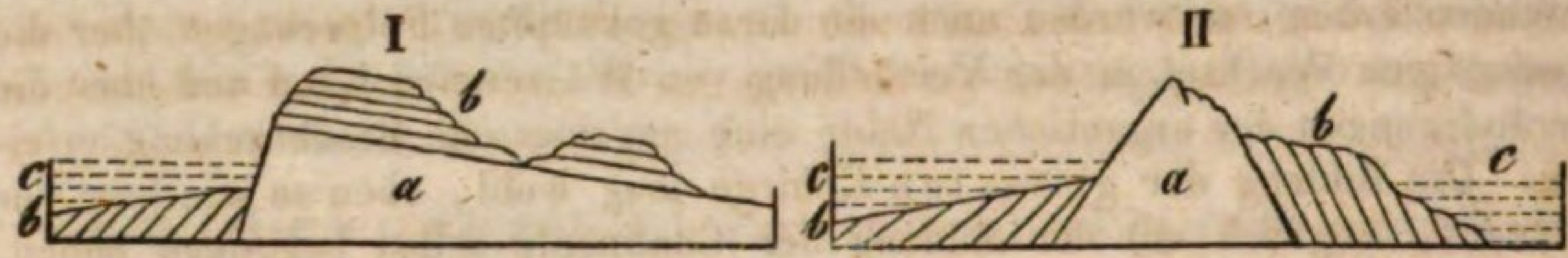
gefunden haben, so werden auch die daran geknüpften Folgerungen über die grossartigen Wechsel in der Vertheilung von Wasser und Land und über die Veränderungen der organischen Natur eine angemessene Beschränkung erleiden. Die Bildung der grössten Gebirge mag wohl, eben so wie jene der Plateaus, zugleich mit der Bildung der Continente selbst begonnen haben, während die Bildung vieler anderer Ketten bald hier bald dort, theils langsam theils rasch vor sich gegangen zu sein scheint.

Allein, abgesehen von den so eben angedeuteten Bedenken, beruht Elie de Beaumont's Chronologie der Gebirgs-Erhebungen auf folgenden drei, fest begründeten und von jeder Hypothese unabhängigen Principien:

1. dass die auf dem Meeresgrunde abgelagerten Schichten ursprünglich eine horizontale oder doch nur sehr wenig geneigte Lage haben;
2. dass also dergleichen Schichten, wenn sie in steiler Lage angetroffen werden, eine Dislocation oder Veränderung ihrer ursprünglichen Lage durch Hebung oder Senkung erfahren haben müssen; und
3. dass da, wo ein System steil aufgerichteter Schichten von einem Systeme horizontaler Schichten bedeckt wird, der Act der Aufrichtung nothwendig nach der Bildung des ersten, und vor der Bildung des zweiten Systems Statt gefunden haben muss.

Die Erhebung einer Zone der Erdkruste zu einem Gebirge wird aber in der Regel mit einer Aufrichtung der daselbst abgelagerten horizontalen Schichten verbunden gewesen sein, indem wenigstens die an den emporsteigenden Gebirgskörper unmittelbar angränzenden Schichten-Enden von der Bewegung mit ergriffen und aufwärts geschleift werden mussten.

Wenn wir also dicht am Fusse einer Gebirgskette die Schichten eines marinen Schichtensystems *A* stark aufgerichtet sehen, während sich die Schichten eines anderen Systems *B* bis an ihren Fuss horizontal ausbreiten, so werden wir mit Recht schliessen, dass die letzte Erhebung der Kette nach der Bildung von *A*, und vor der Bildung von *B* Statt gefunden haben müsse. Dieselbe Folgerung wird ganz allgemein geltend zu machen sein, wie verschieden auch in jedem einzelnen Falle die Verhältnisse und die Formen der Erhebung ausgefallen sein mögen. In den nachstehenden beiden Diagrammen können wir uns die Querprofile zweier unter sehr verschiedenen Umständen erhobenen Gebirgsketten vorstellen. Bei der Gebirgskette I wird vorausgesetzt, dass die, auf irgend einer unterliegenden Masse *a* abgelagerten Schichten *b*, am Fusse ihres Steilabfalls stark aufgerichtet sind, auf ihrem Rücken aber in bedeutender Höhe noch fast ungestört liegen, wogegen die aufgerichteten



Schichten von einem andern Schichtensysteme *c* horizontal bedeckt werden. Bei der Gebirgskette II wird dagegen angenommen, dass durch die aufwärts gedrängte Fundamental-Masse *a* die Schichten *b* zu beiden Seiten verschiedentlich aufgerichtet worden sind, während die Schichten *c* gleichfalls horizontal darüber liegen. In beiden Fällen würden wir offenbar zu dem Schlusse berechtigt sein, dass sich die letzte Erhebung der Kette nach der Ablagerung der Schichten *b*, und vor der Ablagerung der Schichten *c* ereignet habe.

§. 137. *Fortsetzung; Elie de Beaumont's Erhebungssysteme.*

Bezeichnen wir nun alle, seit der ersten Entstehung der Meere bis auf den heutigen Tag auf dem Meeresgrunde successiv zur Ablagerung gelangten Schichtensysteme mit den Buchstaben *A*, *B*, *C* u. s. w., und nennen wir vorläufig ein jedes derartige, aus Sedimenten des Wassers bestehende Schichtensystem, sofern es durch eigenthümliche Gesteine und organische Ueberreste charakterisirt wird, eine Sedimentformation, so repräsentiren diese Formationen eine Reihe von Zeitperioden, deren einzelne zwar weder nach ihrer Dauer noch nach ihrem absoluten Alter bestimmt werden können, deren relatives Alter aber sehr genau durch ihre gesetzmässige Aufeinanderfolge von unten nach oben bestimmt wird.

Das Alter der Gebirgsketten wird also gleichfalls wenigstens relativ, d. h. beziehungsweise zu den Perioden der verschiedenen Sedimentformationen, bestimmt werden können, indem wir genau untersuchen, welche von diesen Formationen mit geneigten, und welche mit horizontalen Schichten an ihrem Fusse angetroffen werden. Fänden wir z. B. für irgend eine Gebirgskette, dass sich die Formation *D* mit stark geneigten, die Formation *E* mit horizontalen Schichten an ihren Fuss anlehnt, so wird ihre Erhebung offenbar nach der Periode der ersteren, und vor der Periode der letzteren Formation Statt gefunden haben; ihr relatives Alter würde aber in solchem Falle so genau als möglich bestimmt worden sein, weil *D* und *E* zwei unmittelbar auf einander folgende Formationen sind.

Wären aber am Fusse einer anderen Gebirgskette nur die Schichten der Formationen *D* und *K* zu beobachten, von welchen jene aufgerichtet, diese horizontal liegen, so würde die relative Altersbestim-

mung offenbar weit unsicherer sein, weil alle Formationen von *E* bis *I* fehlen, und die Perioden der Formationen *D* und *K* sehr weit aus einander liegen.

Fänden sich am Fusse einer dritten Gebirgskette die Formationen *D*, *E*, *F* und *G* alle mit gleichmässig aufgerichteten Schichten, dagegen die Formationen *H*, *I* und *K* alle mit horizontalen Schichten, so würde wenigstens mit Sicherheit geschlossen werden können, dass die letzte Erhebung des Gebirges zwischen den Formationen *G* und *H* Statt gefunden habe. Ueberhaupt aber ist einleuchtend, dass es in jedem Falle vorzüglich darauf ankommt, die jüngste der aufgerichteten und die älteste der horizontal abgelagerten Formationen auszumitteln.

Unter Voraussetzung der Gleichzeitigkeit aller Gebirgsketten von gleichnamigem oder parallelem Streichen betrachtete nun Elie de Beaumont einen jeden Inbegriff gleichzeitiger Ketten als ein selbständiges Erhebungssystem *(système de soulèvement)* und benannte die verschiedenen Systeme nach denjenigen Gebirgen, in welchen der Charakter derselben besonders deutlich und bestimmt ausgeprägt ist. Nach diesen Principien stellte er für Europa folgende 13 Erhebungssysteme auf, deren relatives Alter durch die dabei genannten Sedimentformationen bestimmt wird, deren Namen vorhin durch die Buchstaben *A*, *B*, *C* u. s. w. repräsentirt wurden.

1) **System des Hunsrück; Richtung W. 25° S. — O. 25° N.; Erhebungs-Epoche: nach der alten Schieferformation und vor der Silurischen Formation.**

2) **System der Ballons der Vogesen; Richtung W. 15° N. — O. 15° S.; Erhebungs-Epoche: nach der Silurischen und vor der Steinkohlen-Formation.**

3) **System von Nord-England; Richtung N. 5° W. — S. 5° O.; Erhebungs-Epoche: nach der Steinkohlenformation und vor der Permischen Formation.**

4) **System des Hennegau; Richtung W. 5° N. — O. 5° S.; Erhebungs-Epoche: nach der Permischen Formation und vor der Formation des Vogesensandsteins (ob während der Perm. Form.?).**

5) **System des Rheines; Richtung S. 21° W. — N. 21° O.; Erhebungs-Epoche: nach der Permischen Formation und vor der Triasformation.**

6) **System des Thüringerwaldes; Richtung W. 40° N. — O. 40° S.; Erhebungs-Epoche: nach der Trias- und vor der Jurassischen Formation.**

7) **System der Côte-d'Or; Richtung W. 40° S. — O. 40° N.; Erhebungs-Epoche: nach der Jurassischen Formation und vor der Bildung des Grünsandsteins.**

8) **System des Mont-Viso; Richtung NNW. — SSO.; Erhebungs-Epoche: nach dem Grünsandsteine und vor der oberen Kreide.**

9) System der Pyrenäen; Richtung W. 18° N. — O. 18° S.; Erhebungs-Epoche: nach der oberen Kreide und vor dem Pariser Grobkalk.
10) System von Corsica; Richtung N. — S.; Erhebungs-Epoche: nach dem Grobkalk und vor der Molasse.
11) System der westlichen Alpen; Richtung N. 26° O. — S. 26° W.; Erhebungs-Epoche: nach der Molasse und vor der Subapenninen-Formation.
12) System der östlichen Alpen; Richtung W. 16° S. — O. 16° N.; Erhebungs-Epoche: nach der Subapenninen-Formation und vor der Diluvialformation.
13) System des Tänarus; Richtung N. 20° W. — S. 20° O.; Erhebungs-Epoche: nach der Diluvialformation und vor gewissen Alluvialbildungen.

Da mehre dieser Richtungen sehr nahe zusammenfallen, so glaubt Frapolli, diese 13 Systeme auf 7 Gruppen reduciren zu können, deren jede, mit Ausnahme der einen, welche der Thüringerwald repräsentirt, aus 2 Systemen bestehen würde*). Uebrigens hat Elie de Beaumont neuerdings noch zwei Systeme hinzugefügt, nämlich das von Longmynd in England (älter als Nr. 1) und das von Gruner nachgewiesene System von Saint-Etienne, dessen Richtung N. 20° W. — S. 20° O. ist, so dass es sehr nahe mit dem des Mont-Viso zusammenfällt. Dass jedes System mehre Gebirgsketten begreift, versteht sich von selbst; so führt z. B. Elie de Beaumont unter dem System der Côte-d'Or auch das Sächsische Erzgebirge, den Mont-Pilas im Forez, die Cevennen, und einen Theil des Juragebirges auf.

Die Ansicht, dass die Gebirge durch partielle Erhebungen der Erdkruste gebildet wurden, ist schon von dem Dänen Nicolaus Steno (Niels Steensen) in seiner Dissertation *de solido intra solidum contento*, 1669**), auch später von Robert Hooke in seiner Abhandlung über die Erdbeben (1705) und von Lazzaro Moro (1740) vorgetragen worden. Saussure sprach sich in seinen *Voyages dans les Alpes* mehrfach für die Erhebungstheorie aus, auf welche er namentlich durch die Schichtenstellung und die Structur-Verhältnisse der Alpen gedrängt wurde, ohne sich jedoch von gewissen gegentheiligen Vorstellungen ganz loszusagen. Auch Fichtel, in seinen Mineralogischen Bemerkungen über die Karpathen, 1791, Kessler v. Sprengseisen, in seinen Untersuchungen über die Entstehung der jetzigen Oberfläche unserer Erde, und Hutton in seiner *theory of the earth* erklärten die Entstehung der Gebirge und die Aufrichtung der Schichten durch Erhebung. Zu Anfang des jetzigen Jahrhunderts trat Playfair in seiner Erläuterung der Huttonschen Theorie für dieselbe Ansicht auf, welche bald darauf von Heim im dritten

*) *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *IV*, *p*. 628. Leblanc glaubte nachweisen zu können, dass je zwei zunächst auf einander folgende Systeme fast rechtwinkelig sind.

**) Obwohl Leibniz selbst nicht für die Erhebungstheorie gestimmt war, wie aus dem 22. §. seiner Protogäa hervorgeht, so erwähnt er doch §. 6 Steno's Ansichten als *meditationes viri ingeniosi*, und gedenkt auch seiner in §. 21 mit grosser Anerkennung.

Theile seiner Geologischen Beschreibung des Thüringer Waldgebirges auf eine sehr geistreiche Weise geltend gemacht wurde. Auch hatten Jobert (im *discours préliminaire* zu seinen *Recherches sur les ossemens fossiles du dep. du Puy de Dôme)*, Conybeare (in *Annals of philosophy*, 1823, *p*.3.ff), Boué und Studer schon die Principien, auf welche Elie de Beaumont bald nachher seine grossartigen Combinationen gründete, für mehre Gebirge in Anwendung gebracht. Aber erst durch Leopold v. Buch's geniale Auffassungen und Darstellungen erhielt die Lehre von der Gebirgs-Erhebung einen neuen Schwung; durch sie insbesondere wurde auch Elie de Beaumont's Arbeit hervorgerufen, seit welcher diese Lehre eine immer allgemeinere Aufnahme und Anerkennung gefunden hat. Um die Erforschung des Details der durch die Erhebung hervorgebrachten Gebirgsformen haben sich seitdem besonders Thurmann (*Essai sur les soulèvements jurassiques, Paris* 1832, und *Porrentruy* 1836), Rozet (*Bull. de la soc. géol.*, *VI*, 192 ff.), Studer, Frapolli, u. A., so wie in Nordamerika Rogers und Dana verdient gemacht. — Als Gegner, wenigstens der etwas zu sehr verallgemeinerten Ansichten Elie de Beaumont's sind unter anderen Boué (*Bull. de la soc. géol.*, *III*, 338 und *V*, 216), Conybeare (*Annals of phil.*, 1830), Keferstein, Prévost (*Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *II*, 29), Mohs (Die ersten Begriffe der Min. u. Geogn., II, 280), Lyell (*Principles of Géol.*, 7. *ed.*, *p.* 160), Ph. Braun (Neues Jahrb., 1847, 785) aufgetreten. — Endlich gab und giebt es auch manche Naturforscher, welche die ganze Theorie der Gebirgs-Erhebung als solche verwerfen; dahin gehören z. B. Reuss (der Vater), v. Göthe, Oken, Kittel, Streffleur, Andreas Wagner u. A. mehr*).

Zweiter Abschnitt.

Petrographie.

Einleitung; Begriff des Gesteins; Eintheilung der Petrographie.

Nachdem wir in dem vorhergehenden Abschnitte die Oberflächen-Formen der festen Erdkruste kennen gelernt haben, verschreiten wir

*) In Wagners Geschichte der Urwelt, S. 17, sind einige der Ausfälle zu lesen, welche dem grossen Göthe in seinem Unmuthe darüber entschlüpften, dass die Geognosie, an welche er sich nun einmal gewöhnt hatte, reformirt werden sollte. Aeusserst humoristisch zieht Oken, in seiner Anzeige der Schrift von Fuchs: Ueber die Theorie der Erde (Isis, 1845, Heft III, S. 220), gegen die Erhebungstheorie zu Felde, und tröstet sich zuletzt mit der Hoffnung, dass durch diese Schrift den Possen ein Ende gemacht werden dürfe, welche die Geologen die Erde treiben lassen. Wir glauben die Gegner der Theorie auf die trefflichen Bemerkungen verweisen zu müssen, welche Heim schon im Jahre 1812 (a. a. O. S. 211 f.) zur Rechtfertigung derselben aussprach.

zur Betrachtung ihres Materials, und betreten damit das Gebiet der Petrographie oder Gesteinslehre, welche einen äusserst wichtigen Abschnitt der Chthonographie oder der Geognosie im engeren Sinne des Wortes bildet.

Das hauptsächliche Material der festen Erdkruste wird von dem Mineralreiche geliefert, indem ausser den Mineralien nur noch Fossilien, d. h. Ueberreste von Thier- und Pflanzenkörpern vorkommen. Wenn nun aber das ganze Mineralreich zur Zusammensetzung der Erdveste beiträgt, so scheint es, dass wir eine höchst manchfaltige Zusammensetzung derselben erwarten können, weil ja gegen 700 Species von Mineralien bekannt sind, und weil diese wiederum in ihren verschiedenen Varietäten eine so auffallende Verschiedenheit zeigen, dass der Unterschied in dem äusseren Habitus zwischen mehren Varietäten einer und derselben Mineralspecies oft weit grösser ist, als der Unterschied zwischen mehren Species eines und desselben Thier- oder Pflanzen-Geschlechtes. Allein in der verhältnissmässigen Vertheilung oder in der Frequenz dieser verschiedenen Mineralien findet eine höchst auffallende Ungleichheit Statt, und man gelangt schon bei einer oberflächlichen Untersuchung der Gebirge sehr bald zu der Ueberzeugung, dass nur einige wenige Mineralspecies so vorherrschend auftreten, um ihnen einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung der äussern Erdkruste zugestehen zu können; wogegen die grosse Mehrzahl der Mineralspecies nur mehr oder weniger untergeordnet, entweder in einzelnen Individuen, oder in kleinen zerstreuten Partien, oder auch in der Form von Nestern, Trümern, Lagern und Gängen innerhalb der vorwaltenden Mineralmassen eingeschaltet ist.

Es findet sonach hinsichtlich der Frequenz der verschiedenen Species im Mineralreiche ein ähnliches Verhältniss Statt, wie im Pflanzenreiche. Wie gross auch die Anzahl der Species in der Flora irgend eines Landstriches sein mag, so sind doch immer gewisse Species sehr auffallend in viel zahlreicheren Individuen und daher in weit grösserer Menge ausgebildet, als die übrigen. Die grossen Waldstrecken unserer Klimate zeigen immer vorherrschend einige wenige Species von Laub- oder Nadelhölzern, und die übrigen Species von baumartigen Gewächsen, deren Individuen zwischen jenen auftreten, erscheinen so untergeordnet, dass ihre Masse gegen die Masse der ersteren fast verschwindet. Wie diess aber mit der Waldvegetation der Fall ist, so gilt es auch von der Wiesen- und Haide-Vegetation. Wie also Fichten, Kiefern und Tannen bei uns viele Quadratmeilen mit einer einförmigen Waldbedeckung überziehen, so machen wenige Species von *Poa*, *Festuca*, *Agrostis*, *Bromus* und einigen anderen Geschlechtern vorherrschend unsere Wiesenvegetation aus, und grosse Strecken des nordteutschen Tieflandes sind eben so einförmig

mit ein paar Species des Geschlechtes *Erica* überzogen. Es giebt also im Pflanzenreiche vorherrschende Species, gerade wie im Mineralreiche. Wie nun aber im Gebiete der vorherrschenden Pflanzenspecies zahlreiche andere Species, sporadisch oder gruppenweise, gleichsam zur Zierde und zum Schmucke der Wald-, Wiesen- oder Haide-Vegetation ausgestreut sind, so begegnen wir auch mitten in den Haufwerken der vorherrschenden Mineralien den übrigen Species, gleichsam nur wie einzelnen Schmucksteinen und Kleinodien des Mineralreiches. Und wirklich sind sie auch grossentheils als solche zu betrachten, da gerade diese untergeordneten Vorkommnisse für den Mineralogen sowohl wie für den Berg- und Hüttenmann den grössten Werth und das meiste Interesse zu haben pflegen. — Allein, bei der Betrachtung der allgemeinen Zusammensetzung der Erdkruste spielen diese einzeln ausgestreuten Mineralien und Mineral-Aggregate, wie ihrer Masse, so auch ihrem Werthe nach jedenfalls eine untergeordnete Rolle. Wir können sie aus den Räumen hinwegdenken, welche sie gegenwärtig einnehmen, und die Gebirge würden ziemlich unverändert so stehen bleiben, wie sie jetzt erscheinen. Ganz anders verhält es sich aber mit jenen vorherrschenden Mineralien, welche für die Existenz der grösseren Gebirgsmassen von der entschiedensten Bedeutung sind; denn könnte auch nur eines dieser Mineralien, könnte z. B. der Quarz, oder der Feldspath, oder der Kalkspath plötzlich von der Erde vertilgt werden, so würden die meisten Gebirge in ihren dermaligen Verhältnissen wesentliche Veränderungen erfahren; sie würden in ihrem Volumen eine bedeutende Verminderung, in ihrer Höhe und in ihrem inneren Baue einen Zusammensturz erleiden; ja, viele derselben würden gänzlich verschwinden müssen.

Diese vorherrschenden Mineralien bilden nun entweder einzeln oder gruppirt die verschiedenen Aggregate, welche zur Zusammensetzung der äusseren Erdkruste contribuiren und mit den Namen Gesteine, Gebirgsarten oder Felsarten (*roches*) bezeichnet werden. Da es aber nicht nur Mineralien, sondern oft auch Fossilien, also mehr oder weniger mineralisirte Ueberreste von organischen Körpern sind, aus welchen die Gesteine bestehen, so können wir die Gesteine überhaupt als diejenigen Mineral- und Fossil-Aggregate definiren, welche in bedeutenden Massen auftreten und daher einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung grösserer Theile der Erdveste haben.

Diese Definition enthält freilich einige etwas schwankende Bestimmungen, welche sich auf die absoluten Dimensionen oder auf die Grösse des Volumens derjenigen Aggregate beziehen, die noch Gesteine heissen können; allein es ist besser, die Gränze unsicher abzustecken, als sich durch eine zu feste Bestimmung derselben in dem Gebrauche des Wortes Gestein unbequeme Schranken zu setzen. Was das Wort Gebirgsart betrifft, so wird dabei der Ausdruck Gebirge in bergmännischer Bedeutung genommen, indem der Bergmann jeden Theil der festen Erdrinde so zu nennen pflegt. Uebrigens giebt uns eine treffende Bemerkung, welche Leopold v. Buch schon im Jahre 1810 aussprach, ein Merkmal an die Hand, welches wohl verdiente, in den

Begriff des Gesteines mit aufgenommen zu werden. „Gebirgsarten, sagt er*), sind Theile der festen Erdrinde, die sich über ansehnliche Räume verbreiten, und welche daher durch diese Verbreitung, nach Hauy's sinnreichem Ausdrucke, eigene Gebiete (*domaines*) beherrschen; oder, mit anderen Worten, in welchen sich allgemeine Gesetze der Verbreitung auffinden lassen." Mohs definirt das Gebirgsgestein: als ein einfaches oder gemengtes Mineral-Aggregat, welches in einer gleichförmigen Verbindung aus den Varietäten einiger Species besteht, und das Material zu höheren Zusammensetzungen liefert**). Das Wort Felsart kann eigentlich nur bei festen Gesteinen gebraucht werden. Gewöhnlich werden wir uns daher des Wortes Gestein bedienen. (Vergl. meine Andeutungen zu einer Gesteinslehre, 1824, S. 39 f.)

Die Petrographie ist derjenige Abschnitt der Geognosie, welcher uns die allgemeinen Verhältnisse der Gesteine, sowie die wichtigsten Gesteinsarten selbst kennen lehrt, soweit diess ohne Berücksichtigung ihrer Architektur und Lagerung möglich ist. Sie verfolgt das Wesen der Gesteine nur bis zu den ersten Formen, in welchen solche gewöhnlich begränzt zu sein pflegen; sie hat sich also mit dem Materiale, mit der Structur und mit diesen Formen selbst zu beschäftigen, ohne jedoch ihre Betrachtungen über die Gesteinsformen hinaus auszudehnen; sie hat die Verhältnisse der Gesteine nur in so weit zu berücksichtigen, als sie sich in einzelnen Handstücken oder an einzelnen Beobachtungspuncten zu erkennen geben und darstellen lassen.

Die Betrachtungen der Petrographie lassen sich in folgende sechs Abschnitte bringen:

A) Hylologie der Gesteine; Betrachtung der allgemeinen materiellen Verhältnisse, der vorherrschenden chemischen und mineralischen Bestandtheile derselben;

B) Histologie der Gesteine; Betrachtung der Elemente aus welchen, und der Gesetze nach welchen die Gesteine aus diesen Elementen zusammengefügt sind; Lehre von der Textur und Structur der Gesteine;

C) Morphologie der Gesteine; Betrachtung der Formen, in welchen die Gesteine aufzutreten pflegen;

D) Synopsis der Gesteine; Aufstellung und Beschreibung der wichtigsten Gesteinsarten;

E) Petrogenie; Betrachtung über die wahrscheinliche Entstehungsweise der wichtigsten Gesteine; und

*) In seiner Abhandlung über den Gabbro, im Magazin der Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin, Bd. IV, 1810, S. 130.

**) Die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie, II, S. 31.

F) Allöosologie der Gesteine; Betrachtung der wichtigsten Umwandlungen, welchen die Gesteine im Laufe der Zeiten unterworfen waren, oder noch gegenwärtig unterworfen sind.

Diese verschiedenen Abschnitte der Petrographie dürften sich am zweckmässigsten in derselben Reihenfolge betrachten lassen, in welcher sie hier aufgeführt worden sind.

A. Hylologie der Gesteine.

§. 139. *Vorwaltende chemische Bestandtheile der Gesteine.*

Die Hylologie der Gesteine hat sich lediglich mit den allgemeinen substantiellen Verhältnissen der Gesteine zu beschäftigen, wie solche gegenwärtig vorliegen; also den materiellen Bestand derselben, ohne Rücksicht auf formelle Verhältnisse und auf etwa Statt gefundene Veränderungen, in Betrachtung zu ziehen.

Die Gesteine bestehen zunächst theils aus Mineralien, theils aus Fossilien; aber auch diese letzteren befinden sich, seltene Fälle ausgenommen, in einem mehr oder weniger mineralisirten Zustande, und können in allen Fällen doch nur als abgestorbene, der anorganischen Natur schon längst anheim gefallene Ueberreste ehemaliger Thiere und Pflanzen betrachtet werden*). Wenn wir also die Frage nach dem allgemeinen materiellen Bestande der Gesteine aufstellen, so sind wir damit in der Hauptsache immer an diejenigen Mineralien gewiesen, welche sie gegenwärtig zusammensetzen; selbst da, wo diese Mineralien in den Formen organischer Körper auftreten, oder die Abdrücke von solchen in sich aufgenommen haben.

Allein die Mineralien selbst stellen sich grösstentheils als chemische Verbindungen verschiedener Elemente, oder, wenn wir nicht in allen Fällen bis auf diese Elemente zurückgehen wollen, als Verbindungen verschiedener zweifach zusammengesetzter Stoffe dar; und es fragt sich daher, welche Elemente und welche zweifach zusammengesetzte Stoffe es sind, aus denen die äussere Erdkruste vorwaltend besteht. Da es sich hier nur um die vorwaltenden, also wenigstens stellenweise in grösseren Massen auftretenden Elemente handeln kann, so lassen sich auch nur zwei solcher Elemente namhaft machen, nämlich Schwefel und Kohlenstoff, welche in einem mehr oder weniger verunrei-

*) Vergl. oben S. 3.

nigten Zustande die Ablagerungen von Schwefel, von Graphit und Anthracit bilden.

Auch von zweifach zusammengesetzten Körpern, oder von Verbindungen der ersten Ordnung, sind es verhältnissmässig nur wenige, denen wir einen vorwaltenden Antheil an der Zusammensetzung der äusseren Erdkruste zugestehen können, und selbst von diesen kommen nur wenige als selbständige Körper vor, während die Mehrzahl derselben nur in Verbindungen höherer Ordnungen auftritt. Die wichtigsten derselben dürften folgende sein.

Das Hydrogenoxyd spielt eine äusserst wichtige Rolle, indem es zuvörderst als Wasser nicht nur das ganze Reich der Gewässer, sondern auch einen wesentlichen Bestandtheil vieler Gesteine bildet, und in einigen derselben, wie z. B. im Gyps, Chloritschiefer und Serpentin, in sehr bedeutenden Mengen vorhanden ist. Als Eis aber liefert es die perennirenden Schnee- und Eismassen der hohen Gebirge und der Polarländer, welche in ihrer Vereinigung eine der bedeutsamsten und interessantesten unter den neuesten Gebirgsformationen darstellen*).

Von Alkalien sind besonders Natron und Kali sehr wichtig, weil sie wesentliche Bestandtheile mehrer Mineralspecies bilden, welche zur Zusammensetzung vieler weit verbreiteter Gesteine beitragen. Noch wichtiger erscheinen die drei Erden, Kalkerde, Talkerde und Thonerde, von welchen alle drei mit Kieselerde, die beiden ersteren auch mit Kohlensäure, und die Kalkerde noch ausserdem mit Schwefelsäure verbunden sehr verschiedene Mineralien liefern, welche einen höchst bedeutenden Antheil an der Bildung der äusseren Erdkruste haben. Die Thonerde kommt auch selbständig als Korund vor, welcher nicht nur einen accessorischen Gemengtheil mancher Gesteine, sondern auch in der Form von Smirgel bisweilen kleine Lager bildet.

Von den Säuren gebührt der Kieselerde unbedingt der erste Rang. Sie kommt zuvörderst in ihren beiderlei Zuständen, als krystallinische und als amorphe Kieselerde, selbständig vor; im ersten Zu-

*) Man muss sich wundern, dass so manche Mineralogen, welche das Wasser als Mineral aufführen, das Eis von ihren Systemen ausgeschlossen haben. Das Eis ist nicht nur eine sehr wichtige Mineralspecies, sondern es liefert auch eines der wichtigsten Gesteine; ein Gestein, dessen Ablagerungen nicht selten von jüngeren Bildungen bedeckt werden. Am Aetna liegt ein Lavastrom über einem Gletscher, und die vulcanische Insel Deception-Island unter 62° 55′ südl. Br. besteht grossentheils aus abwechselnden Schichten von Eis und vulcanischen Auswürflingen. Poggend. Ann., Bd. 24, S. 102.

stande bildet sie als Quarz nicht nur grosse Gebirgsmassen, sondern auch einen wesentlichen Bestandtheil sehr vieler Gesteine; im zweiten Zustande erlangt sie als Flint oder Feuerstein und als Opal, wenigstens für manche Gebirgsschichten, eine grosse Wichtigkeit. Auch erscheint sie theils als das ursprüngliche, theils als das versteinernde Material vieler organischen Ueberreste; (Kieselpanzer der Infusorien, in Hornstein oder Chalcedon verwandelte Conchylien). Allein eben so bedeutsam ist die Rolle, welche die Kieselsäure als Bestandtheil vieler chemischen Verbindungen spielt, indem sie eine Menge von Silicaten der vorgenannten Erden und Alkalien bildet, welche die wichtigsten Bausteine zu der Architektur der Erdveste liefern.

Nach der Kieselsäure behauptet den nächsten Rang die Kohlensäure. Abgesehen davon, dass sie als ein selbständiger Körper an zahllosen Puncten der Erdoberfläche in ununterbrochener Entwicklung begriffen ist*), erlangt sie eine sehr grosse Bedeutung als wesentliches Ingrediens mehrer Carbonate, namentlich der Kalkerde, Talkerde und des Eisenoxyduls; sie bildet so dem Gewichte nach zwei Fünftel aller Kalksteingebirge, und erscheint daher als ein sehr wesentlicher Bestandtheil der festen Erdkruste. Als dritte wichtige Säure ist endlich die Schwefelsäure zu nennen, welche in ihrer Verbindung mit Kalkerde den Anhydrit und Gyps liefert. Unter den Salzbildern ist wenigstens das Chlor, als ein Bestandtheil des Kochsalzes, mit aufzuführen.

Von Metalloxyden sind bei diesem allgemeinen Ueberblicke nur die Oxyde des Eisens und allenfalls noch die des Mangans zu erwähnen. Eisenoxydul, Eisenoxyd-Oxydul und Eisenoxyd sind in der That drei wichtige Substanzen, von welchen die erstere zwar nur in Verbindung mit anderen Stoffen auftritt, die beiden anderen aber als Magneteisenerz und Rotheisenerz in selbständigen Massen vorkommen, auch Gemengtheile mancher Gesteine bilden, während das Eisenoxyd noch ausserdem in sehr viele Verbindungen als Bestandtheil eingeht. Dieses Letztere gilt auch vom Manganoxydul und Manganoxyd.

Von Schwefelmetallen dürfte an gegenwärtigem Orte besonders das Eisenbisulphuret, namentlich in seiner einen Ausbildungsform, als Pyrit (tesseraler Eisenkies) zu erwähnen sein, da es nicht nur selbständig in untergeordneten Massen auftritt, sondern auch sehr häufig als ein accessorischer Bestandtheil verschiedener Gesteine vorkommt.

*) Vergl. oben S. 299 ff.

Abstrahiren wir also von den beiden elementaren Körpern Schwefel und Kohle, so können wir sagen, dass der uns bekannte Theil der starren Erdkruste vorwaltend von folgenden wenigen Stoffen gebildet wird: Eis, Kali, Natron, Kalkerde, Talkerde, Thonerde, Kieselerde, Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlor, den Oxyden von Eisen und Mangan, und Schwefeleisen.

§. 140. *Mineralische Bestandtheile der Gesteine.*

Als die näheren und unmittelbar wahrnehmbaren Bestandtheile der Gesteine treten jedoch gewisse Mineralspecies auf, welche sich grösstentheils als chemische Verbindungen der im vorhergehenden §. aufgeführten Stoffe, zum kleineren Theile aber als reine Darstellungen des einen oder des andern dieser Stoffe zu erkennen geben. Als die wichtigsten dieser Mineralspecies dürften folgende zu nennen sein*):

Aus der Classe des Hydrogenoxyds.
Eis, als Schnee, Firn, Gletschereis, Treibeis u. s. w.

Aus der Classe der Hydrolyte.
Kochsalz, besonders als Steinsalz und Steppensalz.

Aus der Classe der Chalcite.
Eisenspath, als Spatheisenstein und Sphärosiderit.

Aus der Classe der Haloide.
Rautenspath als Dolomit, Kalkspath als Kalkstein, Anhydrit und Gyps.

Aus der Classe der Erden.
Quarz und Hornstein, Opal und Flint.

Aus der Classe der Geolithe.
Talk, viele Zeolithe, Kaolin, Perlit und Pechstein; ferner Obsidian und Bimsstein, Leucit, Nephelin, Sanidin**), Orthoklas, Albit, Oligoklas, Andesin, Labrador, Saussürit, Disthen.

Aus der Classe der Amphoterolithe.
Schörl, Granat, Epidot, Amphibol zumal als Hornblende, Pyroxen zumal als Augit, Hypersthen, Diallag, Kaliglimmer, Magnesiaglimmer, Chlorit, Serpentin, Glaukonit.

*) Ueber die Classen, unter welchen diese Species aufgeführt sind, vergleiche meine Elemente der Mineralogie, 1846, S. 193 ff.

**) Dieser von Nose schon vor langer Zeit gebrauchte Name verdient statt der unbestimmten und schleppenden Bezeichnung »glasiger Feldspath« allgemein adoptirt zu werden.

Aus der Classe der Metalloxyde.

Brauneisenerz, Rotheisenerz, Magneteisenerz.

Aus der Classe der Kiese.

Eisenkies, als Pyrit und Markasit.

Aus der Classe der Thiolithe.

Schwefel.

Aus der Classe der Anthracide.

Anthracit, Steinkohle, Braunkohle.

Diese verschiedenen Mineralien treten nun, so weit sie krystallinischer Natur sind, gewöhnlich zu zweien oder mehren verbunden in solchen Aggregaten auf, bei deren Individuen eine freie und vollständige Ausbildung der Krystallform nicht angetroffen wird.

Nur dann, wenn die Individuen einer Species innerhalb einer, die freie Formbildung nicht behindernden Grundmasse einzeln eingewachsen oder eingesprengt sind, nur dann pflegen sie auch als wirkliche und rings um vollständig ausgebildete Krystalle aufzutreten; wie diess z. B. mit den Individuen des Quarzes und verschiedener Feldspathspecies in den Felsitporphyren, mit den Individuen des Pyroxens in den Augitporphyren, mit den Granaten im Glimmer- und Chloritschiefer der Fall zu sein pflegt. Aber auch dann noch kann die deutliche und sichere Erkennung der Form durch die bisweilen sehr feste und innige Verwachsung der Krystalle mit der einschliessenden Masse mehr oder weniger erschwert werden.

In den gewöhnlichen Aggregaten aber, welche mit keinen eminenten oder besonders ausgezeichneten Individuen versehen sind, und aus welchen doch die meisten Gesteine vorzugsweise bestehen, da erscheinen die Krystallformen der einzelnen Individuen gänzlich oder doch grösstentheils unterdrückt; sie sind meist völlig unentwickelt geblieben, indem jedes einzelne Individuum von ganz unregelmässigen Zusammensetzungsflächen begränzt wird, wie solche durch die zufällige Lage der umgebenden Individuen bestimmt wurden. Dazu kommt, dass diese Aggregate oft so feinkörnig ausgebildet, und dass die sehr kleinen Individuen derselben oft so innig mit einander verwachsen und verschmolzen sind, dass man sich nicht selten erst durch Vergrösserungsgläser von dem wirklichen Vorhandensein einer krystallinischen Aggregation überzeugen kann.

Hieraus ergiebt sich denn, dass das Merkmal der äusseren Krystallform, welches in der Mineralogie einen so grossen Werth besitzt, in der Petrographie nur selten benutzt werden kann. Um so wichtiger werden daher die mit der Krystallform zusammenhängenden Verhältnisse der Spaltbarkeit und die physischen und chemischen Merkmale der Mineralien, auf welche wir gewöhnlich allein gewiesen sind, um die Frage nach der mineralischen Natur eines Gesteins mit Sicherheit beantworten zu können.

Die Beantwortung dieser Frage nach der mineralischen Zusam-

mensetzung der Gesteine bildet unstreitig die wichtigste Aufgabe, welche der Geognost vom petrographischen Standpuncte aus zu lösen hat*). Vollständig kann sie nur durch eine genaue Bestimmung derjenigen Mineralspecies gewonnen werden, welche ein gegebenes Gestein zusammensetzen. Wenn das Gestein als ein grobkörniges Aggregat ausgebildet ist, da hat die Sache keine Schwierigkeiten, weil man sich dann von seinen einzelnen mineralischen Bestandtheilen leicht hinreichend grosse Stücke oder Partien herausschlagen kann, um eine genaue Untersuchung und Bestimmung derselben vorzunehmen. Wenn aber das Gestein als ein sehr kleinkörniges oder feinkörniges Aggregat ausgebildet ist, da kann die Erkennung seiner wahren mineralischen Zusammensetzung mit solchen Schwierigkeiten verknüpft sein, dass wir uns in vielen Fällen mit einer theilweisen oder mit einer approximativen Bestimmung begnügen müssen, und dass wir noch weit davon entfernt sind, von allen Gesteinen genau angeben zu können, welche Mineralien ihre nächsten Bestandtheile sind. In manchen Fällen vermochte man sich nur durch eine chemische Analyse zu helfen, deren Resultate freilich nicht immer einen sicheren Schluss auf diejenigen Mineralspecies gestatten, welche das Gestein constituiren, während doch unser hauptsächliches Streben stets darauf gerichtet sein muss, die mineralische, und nicht blos die chemische Zusammensetzung der Gesteine zu ergründen.

Desungeachtet ist es höchst wünschenswerth, dass sich die Chemiker dieses Theiles der Geologie noch mehr annehmen mögen, als es bisher der Fall gewesen ist. Schon Saussure erkannte die Wichtigkeit der chemischen Analyse für die Geognosie, erkannte die Unentbehrlichkeit der Chemie für die Geogenie, in deren Gebiete ohne die Fackel der Chemie jeder Schritt zu einem Fehltritte werde; *il faut donc entrer dans le laboratoire de l'art, pour apprendre à connaitre les operations de la nature***). Wenn nun auch in neuerer Zeit von vielen ausgezeichneten Chemikern Gesteins-Analysen ausgeführt worden sind, so bleibt doch in dieser Hinsicht noch ausserordentlich viel zu wünschen übrig. Wiefern es sich aber nicht blos um Gesteins-Analysen, sondern auch um allgemeine Erforschung der chemischen Gesetze handelt, nach denen die Natur in der Gebirgswelt gearbeitet hat und noch jetzt arbeitet, sofern hatte Schönbeins Behauptung, „dass die chemische Seite der geologischen Wissenschaft bis jetzt viel weniger ins Auge gefasst worden sei, als sie es verdient", noch bis zum Jahre 1847 ihre volle Giltigkeit. Schön-

*) Sehr gut ist in dieser Hinsicht die Bemerkung von Rengger: die Oryktognosie lehrt uns die Buchstaben, die Geognosie ihre Zusammensetzung, d. h. die Schrift kennen. Wer in Gefahr steht, einen Buchstaben mit dem andern zu verwechseln, wird nie richtig lesen lernen. Beiträge zur Geognosie, I, 1824, S. 4.

**) *Discours préliminaire* zu seinem Werke, *Voyages dans les Alpes, p. XVI.*

bein forderte mit Recht, „dass eine vergleichende Geochemie geschaffen werden müsse, ehe die Geognosie zur Geologie (d. h. Geogenie) werden könne; dass ein Mann kommen müsse, der für die geologische Chemie das ist, was Cuvier für die Anatomie der fossilen und lebenden Thierwelt, was Newton für die Astronomie war“ *). Nun, dieser Mann dürfte jetzt gekommen sein; Gustav Bischof hat uns dieses neue Gebiet der Wissenschaft eröffnet in seinem vortrefflichen Werke, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, welches ein wahres Organon der Geochemie zu werden verspricht. — Auf der andern Seite glauben wir aber auch, dass die Chemie Vieles von der Geognosie lernen kann. Bei dem Studio der grossartigen Erscheinungen der Gebirgswelt dürfte mancher Chemiker, der im Hochgefühle seiner Kunstfertigkeit stolz auf die Geognosten herabsieht, die Ueberzeugung gewinnen, dass die Experimente unserer Laboratorien nicht in allen Fällen ausreichend sind, um die Processe der Gebirgsbildung zu erklären**).

§. 141. *Minerogene, zoogene und phytogene Gesteine.*

Bevor wir weiter gehen, können wir es nicht vermeiden, gewisse allgemeine Verschiedenheiten hervorzuheben, welchen die Gesteine rücksichtlich des nächsten Ursprungs ihres Materials unterworfen sind. Diese Verschiedenheiten sind darin begründet, dass nicht nur das Mineralreich allein das Material zur Bildung von Gesteinen geliefert, sondern dass auch gar häufig die organische Natur ihren Tribut beigetragen hat. Seitdem eine Thierwelt und eine Pflanzenwelt auf unserm Planeten zum Dasein gelangten, seitdem sind beide fortwährend in die Ereignisse verfloch-

*) Poggend. Ann., Bd. 45, 1838, S. 281.

**) Sehr richtig sagt Nauck: Wenn die Geologie erst wahrhaft zur Wissenschaft geworden ist, seitdem sie die Grundsätze der Chemie nicht mehr geringschätzt, sondern an dem Maassstabe dieser Wissenschaft die Resultate ihrer Forschung prüft, so wird umgekehrt auch die Chemie dabei gewinnen, wenn sie den Resultaten der geologischen Erfahrungen, welche für das Experiment im Laboratorio meist zu grossartig sind, ihre vollste Theilnahme widmet; (Poggend. Ann., Bd. 75, 1848, S. 140). Selbst Th. Scheerer, einer unserer ausgezeichnetsten Chemiker, giebt zu, dass es Fälle geben kann, wo wir der Geognosie mehr Glauben schenken müssen, als der Chemie, und dass die erstere mündig genug sei, um selbständige Beobachtungen machen zu können, ohne bei jedem Schritte von der Chemie geleitet zu werden; (Karstens Archiv für Min. u. s. w., Bd. 16, 1842, S. 111). Auch mag hierbei an eine frühere Bemerkung von *Boué* erinnert werden: *il ne me parait pas douteux, que les sciences physiques et surtout la chimie n'aient beaucoup à apprendre de la géologie. Malheureusement il y a très peu d'individus, qui se livrent à toutes ces sciences à la fois; le champ est trop vaste, les connaissances necessaires trop variées, et le temps de la vie individuelle trop court.* (*Bull. de la soc. géol.*, *t. I*, 1830, *p.* 94.)

ten worden, welche die verschiedenen Stadien in der Entwicklung der äusseren Erdkruste bezeichnen; seitdem haben beide fortwährend in den Ueberresten zahlloser Thier- und Pflanzenkörper ihre Beiträge zur Anhäufung anorganischer Massen geliefert.

Die meisten Gesteine sind freilich entweder nach ihrem ganzen Bestande, oder doch wenigstens nach dem grössten Theile desselben als wirkliche Aggregate von Mineralien zu betrachten, weil sie entweder gänzlich oder hauptsächlich durch eine blose Anhäufung von Mineralstoffen gebildet wurden. Wir können daher solche Gesteine als minerogene Bildungen bezeichnen. Weil aber gar häufig zwischen die, zu einem Gesteine angehäuften Mineralstoffe auch Fossilien, d. h. Ueberreste von Thier- und Pflanzenkörpern gelangten, so werden wir auch diese minerogenen Gesteine als fossilfreie und fossilhaltige zu unterscheiden haben, von welchen die letzteren entweder zoophore oder phytophore Gesteine sind, je nachdem sie wesentlich thierische oder pflanzliche Ueberreste umschliessen.

Diese Ueberreste haben zwar nicht selten eine gänzliche Zerstörung ihrer Substanz erlitten, und lediglich ihre Form, als einen äussern oder innern Abdruck hinterlassen; weil jedoch solche Form das ehemalige Vorhandensein derselben eben so unzweifelhaft beurkundet, wie ein altes Siegel das Dagewesensein eines längst verloren gegangenen Petschaftes, so haben auch diese Abdrücke, obwohl sie nur als Zoomorphosen oder Phytomorphosen des Gesteins erscheinen, völlig gleiche Beweiskraft und gleichen Werth mit denjenigen organischen Körpern, von welchen sie herrühren.

Die fossilhaltigen Gesteine enthalten aber die organischen Ueberreste entweder nur vereinzelt und zerstreut, oder mehr und weniger zusammengedrängt; ja, in vielen Fällen werden die Fossilien so vorwaltend, dass sie den grössten Theil der Gesteinsmasse ausmachen; in einigen Fällen endlich erscheint das ganze Gestein wesentlich und ausschliesslich aus den Ueberresten organischer Körper zusammengesetzt. In einem solchen Falle kann man das Gestein mit Recht ein zoogenes oder ein phytogenes Gestein nennen, je nachdem es von thierischen oder pflanzlichen Resten gebildet wird.

Ihrer allgemeinen Zusammensetzung nach erhalten wir daher für die Gesteine folgende Eintheilung:

1. Minerogene Gesteine; gänzlich oder doch vorwaltend aus mineralischen, ohne Mitwirkung organischer Körper gebildeten Stoffen bestehend.
 a) fossilfreie; ohne Spuren organischer Ueberreste; Granit, Gneiss, Glimmerschiefer; manche Kalksteine und Sandsteine.

b) fossilhaltige; mit mehr oder weniger zahlreichen Einschlüssen von organischen Ueberresten oder Formen; viele Kalksteine, Sandsteine, Schieferthone.

2. Zoogene Gesteine; vorwaltend oder gänzlich aus thierischen Ueberresten bestehend.

Viele Korallenkalksteine, Krinoidenkalksteine, Nummulitenkalksteine, Hippuritenkalksteine, Miliolitenkalksteine, Muschelmergel; Kreide, Polirschiefer, Tripel.

3. Phytogene Gesteine; vorwaltend oder gänzlich aus pflanzlichen Ueberresten bestehend.

Anthracit, Steinkohle, Braunkohle.

Da das Material, welches die thierischen Ueberreste der zoogenen Gesteine geliefert haben, hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk besteht, wie solcher in den Korallen, in den Conchylien- und Polythalamien-Schalen schon ursprünglich enthalten war, und da dieser kohlensaure Kalk gewöhnlich im Laufe der Zeiten eine Umkrystallisirung zu Kalkspath erfahren hat, so lassen sich freilich viele zoogene Gesteine in Folge dieser Umwandlung auch als minerogene Gesteine betrachten. Berücksichtigt man aber die ursprüngliche Herkunft und Abstammung dieses kohlensauren Kalkes, und seine unter Mitwirkung organischer Körper erfolgte Darstellung, so wird man kein Bedenken finden können, auch solche Gesteine in die Abtheilung der zoogenen Bildungen zu verweisen.

Uebrigens stimmt diese Eintheilung der Gesteine einigermaassen mit derjenigen überein, auf welche Ehrenberg bei seinen mikroskopischen Untersuchungen der Gesteine geleitet worden ist. Er unterscheidet nämlich die Gesteine als Stöchiolithe und Biolithe, je nachdem sie lediglich von Mineralien, oder lediglich von organischen Ueberresten gebildet werden, so dass also von den letzteren die blos fossilhaltigen Gesteine getrennt bleiben. Indessen scheint Ehrenberg diesen Unterschied zunächst nur für die aus mikroskopischen Thier- und Pflanzenresten bestehenden Gesteine geltend gemacht zu haben.

Die nächstfolgenden Betrachtungen beziehen sich nun hauptsächlich auf die minerogenen Gesteine, oder doch wenigstens auf den mineralischen Bestand der Gesteinsmassen.

§. 142. *Gesteins-Elemente; krystallinische, klastische und amorphe Gesteine.*

Die meisten Gesteine bestehen aus mehr oder weniger deutlich unterscheidbaren, discreten oder räumlich abgesonderten Theilen, welche wir Gesteins-Elemente nennen wollen. Diese Elemente stellen sich aber in zweierlei wesentlich verschiedenen Formen dar; sie erscheinen entweder als Krystalle und krystallinische Individuen, oder als

Fragmente, als wirkliche Bruchstücke, als gröberer und feinerer Schutt anderer präexistirender Gesteine. Man könnte hiernach die Gesteine selbst als ursprüngliche und als regenerirte Gesteine unterscheiden. Es scheint jedoch zweckmässiger, die Unterscheidung und Benennung derselben unmittelbar von der Form ihrer Elemente zu entlehnen; wir bezeichnen sie daher als krystallinische und als klastische Gesteine*).

Ein krystallinisches Gestein ist daher ein solches, welches wesentlich aus krystallinischen Elementen besteht; ein klastisches Gestein dagegen ein solches, welches wesentlich aus klastischen Elementen besteht. So sind z. B. Granit, Porphyr und die meisten Kalksteine krystallinische, die Conglomerate und viele Sandsteine klastische Gesteine. In den Extremen tritt dieser entgegengesetzte Charakter auf eine so entschiedene Weise hervor, dass er schon den ältesten Beobachtern auffallen musste. Der Unterschied, welcher sich in der Form der Gesteins-Elemente zwischen einem grosskörnigen Granite und zwischen einem grosskörnigen Conglomerate darstellt, ist ganz unverkennbar. Im Granite treffen wir lauter krystallinische Körner, wahre mineralogische Individuen, welche, wenn sie auch bei dem gegenseitigen Gedränge zu keiner vollkommenen Ausbildung ihrer Krystallformen gelangen konnten, dennoch in der Art und Weise, wie diese verzerrten und verkrüppelten Formen in einander gefügt und verschränkt sind, in dem frischen, krystallinischen Habitus ihrer Masse das Gepräge ihrer rein chemischen Bildung an der Stirn tragen. In dem Conglomerate dagegen sehen wir nichts als eckige oder abgerundete Gesteinsbruchstücke, deren Zwischenräume mit kleineren Bruchstücken und feinerem Schutte ausgefüllt sind, während das Ganze durch ein vielleicht kaum sichtbares Cäment zu einer festen Masse verbunden ist. So stellt sich denn das grobkörnige Conglomerat als ein Trümmergestein im eigentlichen Sinne des Wortes, als eine regenerirte Gebirgsart dar, während der grobkörnige Granit den vollendetsten Typus eines Krystallgesteins, einer ursprünglich erzeugten Gebirgsart an sich trägt. Man nennt die krystallinischen Gesteine wohl auch chemisch gebildete, die klastischen Gesteine mechanisch gebildete Gesteine. —

Gewisse krystallinische Gesteine zeigen ganz regelmässig die Eigenthümlichkeit, dass ihre mikroskopisch kleinen Individuen zunächst zu kleinen kugelförmigen oder linsenförmigen Concretionen verbunden sind, weshalb solche Gesteine als Aggregate von dergleichen Concretionen erscheinen; (Erbsenstein, oolithischer Kalkstein, oolithisches Eisenerz). Man könnte demgemäss die krystallinischen Gesteine als haplokrystallinische und concretionäre Gesteine unterscheiden. Weil jedoch die meisten Gesteine zu der ersteren Abtheilung gehören, so werden wir uns, um keinen neuen

*) Von κλαστός, zerbrochen, zerstückelt; um die Beschaffenheit ihrer Elemente auszudrücken. Alexander Brongniart hat sich schon desselben Wortes in ähnlichem Sinne bedient; es ist jedenfalls bezeichnender, als der Ausdruck mechanisch gebildete Gesteine.

Terminus einzuführen, gewöhnlich des Wortes krystallinisch schlechthin bedienen, die Gesteine der zweiten Abtheilung aber als concretionäre Gesteine bezeichnen.

Es giebt aber auch einige Gesteine, welche gar keine discreten oder räumlich abgesonderten Theile als ihre letzten Elemente erkennen lassen, und daher weder der einen, noch der anderen dieser beiden Abtheilungen zugerechnet werden können. Es sind diess diejenigen Gesteine, welche wesentlich von einem amorphen Minerale gebildet werden. Da nun die amorphen Körper des Mineralreiches entweder von glasartiger Natur, oder aus einem nassweichen, gallertähnlichen Zustande zur Erstarrung gelangt sind, so kann man sie als hyaline und als porodine Körper, und demgemäss die aus ihnen bestehenden Gesteine als hyaline und porodine Gesteine unterscheiden *).

Die Masse der amorphen Gesteine besteht daher wie aus einem Gusse; sie ist stetig ausgedehnt, sie erfüllt ihren Raum ununterbrochen, wie ein Stück Glas oder Harz. Muschliger Bruch, starker Glanz, oft auch höhere Grade der Pellucidität lassen sie von den dichten krystallinischen oder klastischen Gesteinen unterscheiden, welche unter dem Mikroskope in der Regel leicht als wirkliche Aggregate zu erkennen sind. Der Flint oder Feuerstein, der Opalschiefer, der Palagonit-Tuff liefern Beispiele von porodinen, der Obsidian, der Pechstein und der Perlit Beispiele von hyalinen Gesteinen.

Was nun die Elemente der krystallinischen Gesteine betrifft, so wurde bereits in §. 140 darauf hingewiesen, dass solche im Allgemeinen nur selten als vollständig ausgebildete Krystalle erscheinen; gewöhnlich treten sie nur als verdrückte und verkrüppelte Individuen auf, welche sowohl nach ihrer absoluten Grösse, als auch nach den Verhältnissen ihrer Dimensionen sehr grosse Verschiedenheiten wahrnehmen lassen. So giebt es Granite, in welchen die Individuen des Feldspaths fussgross und darüber sind, während sie in anderen Graniten nur zollgross und in noch anderen fast mikroskopisch klein erscheinen. Ueberhaupt macht sich die unbestimmte Maassgrösse **) der Individuen und das Schwanken derselben von recht ansehnlichen Dimensionen bis zu mikroskopischer Kleinheit in den krystallinischen Gesteinen aller Art sehr häufig geltend.

Die Elemente der klastischen Gesteine erscheinen gleichfalls in sehr verschiedenen Dimensionen, und lassen wenigstens aufwärts, d. h. in der Zunahme der Grösse, die Elemente der krystallinischen Gesteine oft weit hinter sich. Von lachtergrossen Blöcken gehen sie durch kopf-,

*) Ueber den Unterschied der krystallinischen und amorphen Mineralien siehe meine Elemente der Mineralogie, S. 2.

**) Vergl. meine Elemente der Mineralogie, S. 4.

faust- und nussgrosse Bruchstücke bis zu kleinen Sandkörnern und bis zu den feinsten Staubtheilchen herab.

Dieses Herabsinken der Zusammensetzung vieler Gesteine bis zu einer, aus mikroskopisch kleinen Theilchen bestehenden Masse ist eine häufig vorkommende Erscheinung, welche natürlich die Erkennung der mineralischen Natur solcher Gesteine ausserordentlich erschweren muss. Da sie sich bei klastischen eben so wohl als bei krystallinischen Gesteinen vorfindet, so kann man sogar in manchen Fällen ungewiss darüber bleiben, ob man es mit einem Gesteine der einen oder andern Art zu thun hat, weil in dem äussersten Extreme der Feinheit ihrer Elemente die Erkennung der klastischen Natur mit eben so grossen Schwierigkeiten verbunden sein muss, als die Erkennung der krystallinischen Natur. Ja, bisweilen erhalten sogar ziemlich grobkörnige klastische Gesteine, wenn sie aus lauter frischen, scharfkantigen Körnern bestehen, so täuschend das Ansehen eines krystallinischen Gesteines, dass sie nicht selten dafür gehalten worden sind. (Aus Granitschutt bestehender Sandstein.)

Die krystallinischen Gesteine erscheinen daher bald als makrokrystallinische, bald als mikrokrystallinische, bald als kryptokrystallinische Aggregate, und da oft eine und dieselbe grössere Gesteins-Ablagerung an verschiedenen Puncten eine sehr verschiedene Grösse des Korns entfaltet, so wird man bisweilen durch eine Reihe von Uebergängen die kryptokrystallinischen mit den makrokrystallinischen Varietäten des Gesteins in Verbindung bringen, und aus der Zusammensetzung der letzteren auf die der ersteren schliessen können. Eben so würden sich auch die klastischen Gesteine als makroklastische, mikroklastische und kryptoklastische unterscheiden lassen. (Conglomerat, Sandstein, Thon.)

Um in zweifelhaften Fällen zu einer richtigen Erkennung des Wesens eines Gesteins zu gelangen, wird man Vergrösserungsgläser anwenden müssen. Gewöhnliche Loupen lassen oft den krystallinischen Charakter eines kryptokrystallinischen Gesteins sehr deutlich erkennen, zumal wenn man eine frische Bruchfläche desselben im Sonnenlichte betrachtet, wo die Spaltungsflächen der kleinen Individuen sehr deutliche Reflexe geben. Reicht die Loupe nicht aus, so untersucht man kleine Splitter des Gesteins unter dem Mikroskope, ebenfalls bei starkem auffallenden Lichte. Auf diese Weise wird man sich überzeugen, dass viele sogenannte dichte Gesteine in der That vollkommen krystallinische Gesteine sind. Ein Splitter von Solenhofener Kalkschiefer z. B. erscheint unter dem Mikroskope im Sonnenlichte wie ein krystallinisch-körniger Marmor*), ein Splitter von Hornstein wie körniger Quarzit, ein Splitter

*) Sehr richtig bestreitet Mohs die Ansicht, dass der dichte Kalkstein eine mechanische Sedimentbildung sei, und erklärt ihn für ein wahrhaft krystallinisches Erzeugniss. (Die ersten Begriffe der Min. u. Geogn., II, S. 24.) Denn der dichteste Kalkstein und jeder Kalktuf erscheint unter dem Mikroskope als ein Aggregat von krystallinischen Körnern. Die weiche Kreide allein bildet eine Ausnahme.

von Thonschiefer gewöhnlich wie ein Aggregat von Glimmerschuppen. Dergleichen Untersuchungen sind schon deshalb sehr wichtig, um nicht kryptokrystallinische Gesteine mit amorphen Gesteinen zu verwechseln.

Bei den meisten klastischen Gesteinen hat man ausser den Fragmenten auch noch das Cäment oder Bindemittel derselben zu unterscheiden, indem die einzelnen Bruchstücke oder Körner durch ein sie verbindendes Zwischenmittel gleichsam an einander gekittet erscheinen. Dieses Cäment ist bald reichlich bald spärlich vorhanden, und kann in manchen Fällen dermaassen zurücktreten, dass es kaum zu bemerken ist. Seiner Natur nach ist es entweder gleichfalls klastisch, indem es nur aus feinerem Schutte derselben oder auch anderer Gesteine besteht, wie diejenigen sind, welche die Fragmente geliefert haben; oder es ist krystallinischer (zuweilen wohl auch porodiner) Natur, indem zwischen den Fragmenten ein krystallinisches (oder porodines) Mineral zur Ausbildung gelangte, welches, alle ihre Zwischenräume und Fugen erfüllend, eine Verkittung derselben bewirkte. — Bei den krystallinischen Gesteinen ist von einem solchen Cämente durchaus nichts zu entdecken; die krystallinischen Individuen stehen unmittelbar in gegenseitiger Berührung und sind gewöhnlich auf das Innigste mit einander verwachsen.

Uebrigens gibt es auch klastische Gesteine, welche entweder durch das sehr starke Vorwalten eines krystallinischen Cämentes, oder auch durch viele, mitten in ihrer Masse zur Ausbildung gelangte Krystalle einen semikrystallinischen Charakter annehmen. (Sandstein mit Kalkspath als Bindemittel, Sandstein mit eingeschlossenen Quarzkrystallen.) Man könnte sie als krystallinoklastische oder als klastokrystallinische Gesteine bezeichnen, je nachdem in ihnen der eine oder der andere Charakter mehr vorwaltend ist. Eben so kommen auch hyaline Gesteine vor, welche durch mehr oder weniger reichlich eingeschlossene krystallinische Körner oder Aggregate einen gemischten Charakter erhalten. (Obsidian mit Sanidinkrystallen, Pechstein mit Quarzkörnern oder mit Sphärolithkugeln).

§. 143. *Einfache und gemengte Gesteine. Accessorische Bestandtheile.*

Die krystallinischen Gesteine überhaupt sind Aggregate mineralischer Individuen; diese Individuen aber gehören entweder zu einer und derselben Mineralspecies, oder zu zweien oder mehren verschiedenen Mineralspecies. Eben so können die hyalinen und porodinen Gesteine, deren Grundmasse zwar immer nur auf eine einzige Mineralspecies zu

beziehen ist, doch innerhalb dieser Grundmasse Individuen von einer oder mehren anderen Mineralspecies umschliessen. Hierauf gründet sich der Unterschied der einfachen und gemengten Gesteine. Ein einfaches Gestein ist ein solches, welches wesentlich nur aus einer Mineralspecies, ein gemengtes Gestein aber ein solches, welches wesentlich aus zweien, dreien oder mehren Mineralspecies zusammengesetzt ist. Nach der Anzahl der zu ihnen contribuirenden Mineralspecies unterscheidet man wohl auch die gemengten Gesteine als binäre, ternäre u. s. w.

Die einfachen Gesteine sind also nichts Anderes, als zusammengesetzte Varietäten oder grössere Massen der betreffenden Mineralspecies. So sind z. B. Quarzit, Kalkstein, Gyps einfache krystallinische Gesteine, da sie, wenn sie rein auftreten, nur aus Individuen der Species Quarz, Kalkspath und Gyps bestehen; eben so ist Obsidian ein einfaches hyalines Gestein. Dagegen sind Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Grünstein, Obsidianporphyr und überhaupt alle Porphyre gemengte Gesteine*). Die einfachen Gesteine werden auch gleichartige, die gemengten Gesteine ungleichartige Gesteine genannt. Die Franzosen gebrauchen dafür die Ausdrücke *roches simples* oder *r. homogènes*, und *roches composées* oder *r. hétérogènes*.

Die Mineralien, aus denen ein gemengtes Gestein wesentlich zusammengesetzt ist, nennt man auch die Gemengtheile desselben. Oft ist ein Gemengtheil in weit grösserer Menge vorhanden, als die anderen; in welchem Falle man vorwaltende und untergeordnete Gemengtheile unterscheidet. So tritt z. B. in vielen Graniten der Feldspath als vorwaltender Gemengtheil, der Glimmer als untergeordneter Gemengtheil auf. Ueberhaupt aber ist in den gemengten Gesteinen die relative Quantität oder das Mengen-Verhältniss der Gemengtheile häufigen und vielfältigen Schwankungen unterworfen, so dass z. B. in einem und demselben binären Gesteine bald der eine, bald der andere Gemengtheil als der vorwaltende auftritt; (Glimmerschiefer, Syenit).

*) v. Holger hat früher die seltsame Ansicht aufgestellt, dass die einfachen Gesteine als »normale Krüppel« gar nicht in das Gebiet der Petrographie gehören, sondern lediglich in der Mineralogie zu betrachten sind; (Baumgärtner und v. Holger, Zeitschrift für Physik, V, 1837, S. 172). In seinen Elementen der Geognosie, 1846, S. 18 nennt er sie dagegen normale Massen, und giebt zu, dass sie, obgleich der Mineralogie angehörig, doch auch in der Geognosie zu behandeln sind. Rücksichtlich der gemengten Gesteine sucht er in der letztgenannten Schrift die Meinung geltend zu machen, dass die Natur ursprünglich immer auf die Darstellung von ternären Gesteinen hingearbeitet habe, weshalb er denn die binären Gesteine als blose »Auswurfsgemenge« betrachtet; a. a. O. S. 23 und 40.

Eine genaue Bestimmung des Quantitäts-Verhältnisses erscheint daher gewöhnlich weder nothwendig noch ausführbar, wie sie denn auch, namentlich bei ternären und vielfach zusammengesetzten Gesteinen mit grossen Schwierigkeiten verbunden sein würde.

Bei binären Gesteinen ist die Ermittelung der relativen Menge ihrer beiden Bestandtheile noch am leichtesten zu erhalten, sofern nämlich das specifische Gewicht der letzteren auffallend verschieden, und das Gestein selbst frei von Porositäten und fremdartigen Beimengungen ist. Zu dem Ende braucht man nur das specifische Gewicht sowohl der beiden Bestandtheile, als auch des Gesteines selbst in einem auserwählten Probestücke, so genau als möglich zu bestimmen. Setzen wir nämlich

das sp. Gewicht des schwereren Gemengtheils $= \delta$
- - - des leichteren Gemengtheils $= \delta'$
- - - des Gesteines selbst $= d$
das Volumen des schwereren Gemengtheils $= \varphi$
- - des leichteren Gemengtheils $= \varphi'$

so folgt, nach der oben S. 33 in der Anmerkung stehenden Formel:

$$d = \frac{\varphi\delta + \varphi'\delta'}{\varphi + \varphi'}$$

aus welcher sich für das Verhältniss von φ und φ' die Proportion

$$\varphi : \varphi' = d - \delta' : \delta - d$$

ergiebt. Das Gewichtsverhältniss ist hiernach leicht zu berechnen. Natürlich verliert diese Methode ihre Brauchbarkeit, sobald die specifischen Gewichte beider Gemengtheile sehr nahe dieselben sind; wie sie denn überhaupt um so sicherer ist, je grösser, und um so unsicherer, je kleiner die Differenz dieser specifischen Gewichte ist.

Neuerlich hat Delesse den Vorschlag gemacht, das Verhältniss der Gemengtheile durch ein mechanisches oder graphisches Verfahren zu bestimmen*), welches jedoch nicht nur sehr mühsam in seiner Anwendung, sondern auch ziemlich unsicher in seinen Resultaten sein dürfte, obgleich es in manchen Fällen das einzige Hilfsmittel zu einer, wenigstens approximativen Bestimmung jenes Verhältnisses zu bieten scheint. Er geht nämlich von der Voraussetzung aus, dass das Gestein sehr gleichmässig gemengt sei**), d. h. dass es die (deutlich unterscheidbaren) Gemengtheile nach allen Richtungen in demselben Verhältnisse enthalte, und folgert sehr richtig, dass sich in solcher Voraussetzung die Quantitäten der einzelnen Bestandtheile dem Volumen nach nahe so verhalten müssen, wie die Summen ihrer Querschnitte in irgend einer Schnittfläche des Gesteins. Ist also die Oberfläche der ganzen Schnittfläche $= P$, und sind p, p', p'', u. s. w. die Querschnitts-Summen der einzelnen Bestandtheile,

*) *Comptes rendus, t.* 25, 1847, *p.* 544 f.; auch *Bibliotheque universelle, sc. phys., t. VI,* 1847, *p.* 114 ff.

**) Oder, wie er es ausdrückt, dass die Felsart eine *roche homogène* sei, wobei freilich unter Homogenität nicht das verstanden wird, was man gewöhnlich darunter zu verstehen pflegt.

so werden sich die Quantitäten dieser Bestandtheile dem Volumen nach $= \frac{p}{P} : \frac{p'}{P} : \frac{p''}{P}$ u. s. w. verhalten, woraus sich dann leicht die Gewichtsverhältnisse berechnen lassen, sobald die specifischen Gewichte der Bestandtheile bekannt sind. Um sich nun die Kenntniss von p, p' u. s. w. zu verschaffen, dazu soll man erst ein Stück Graspapier auf die Schnittfläche des Gesteins legen, und mit Farben die verschiedenen Gemengtheile coloriren, hierauf das Bild mit Gummi auf Stanniol kleben, dann die den verschiedenen Farben entsprechenden Theile ausschneiden, und endlich, nach vorheriger Entfernung des Papiers und Gummis, die Summen der den einzelnen Gemengtheilen entsprechenden Stanniol-Ausschnitzel abwägen. Die Gewichte dieser Summen geben natürlich das Verhältniss der Grössen p p' u. s. w., die Generalsumme derselben aber giebt die Grösse P. Auf diese Weise hat Delesse z. B. für den bekannten Kugeldiorit von Corsica das Verhältniss des Feldspathes zu der Hornblende = 84 : 16 bestimmt.

Die einfachen wie die gemengten Gesteine nehmen aber nicht selten Mineralien auf, welche eigentlich nicht zu ihrer wesentlichen Zusammensetzung gehören. Dergleichen Mineralien nennt man accessorische (oder auch zufällige) Bestandtheile, zum Unterschiede von den wesentlichen Bestandtheilen, welche nothwendig zur Bildung des betreffenden Gesteins erfordert werden; (Quarz oder Boracit in Gyps, Glimmer in Kalkstein, Schörl in Granit, Granat oder Smaragd in Glimmerschiefer). Durch das Eintreten solcher accessorischen Bestandtheile verliert natürlich das einfache Gestein den Charakter der Einfachheit, und wird zu einem gemengten Gesteine; da nun diese Erscheinung sehr häufig vorkommt, so ergiebt sich hieraus, wie wenig eine scharfe Gränzlinie zwischen den einfachen und gemengten Gesteinen gezogen werden kann*).

Die Individuen eines accessorischen Bestandtheils treten entweder ganz sporadisch, nur hier und da, als Seltenheiten auf, oder sie erscheinen häufig in dem ganzen Gesteine ausgestreut; in welchem letzteren Falle sie für gewisse Gesteine so bezeichnend werden können, dass man sie als charakteristische accessorische Gemengtheile derselben zu betrachten hat; (Granat in Glimmerschiefer, Olivin in Basalt).

Uebrigens gilt auch für die accessorischen Bestandtheile dasselbe, was schon von den wesentlichen Bestandtheilen in §. 142 bemerkt worden ist, dass sie nämlich bald in grösseren, bald in kleineren, bald in mikroskopisch kleinen Individuen oder Partikeln ausgebildet sind, welches

*) Daher scheint es mir, dass selbst bei einer blos petrographischen Classification der Gesteine der Unterschied des einfachen und gemengten Gesteins nicht als oberstes Princip der Eintheilung benutzt werden kann.

letztere z. B. mit dem Zinnerze im Granit, mit dem Golde im Quarzit, und mit dem Magneteisenerze in sehr vielen Gesteinen häufig der Fall ist. Weil sie jedoch gewöhnlich als isolirte Individuen innerhalb einer fremdartigen Masse zur Ausbildung gelangt sind, so pflegen sie auch häufig als vollständige, ringsum contourirte Krystalle ausgebildet zu sein; weshalb sie das anorganische Individuum in seiner vollkommensten Verwirklichung darstellen.

Alle bisherigen Betrachtungen über den Unterschied des einfachen und gemengten Gesteins beziehen sich zunächst nur auf die krystallinischen und amorphen Gesteine. Für die klastischen Gesteine ist dieser Unterschied in einer etwas anderen Weise aufzufassen, weil in ihnen gewöhnlich zweierlei Material, nämlich die Fragmente und das Cäment zu unterscheiden sind. Man pflegt nun für das Bedürfniss der in Rede stehenden Unterscheidung von dem Cämente gänzlich abzusehen, und nennt ein klastisches Gestein ein einfaches, oder besser ein monogenes Gestein, wenn alle oder doch bei weitem die meisten seiner Fragmente von einem und demselben Gesteine abstammen, dagegen ein gemengtes oder ein polygenes Gestein, wenn die Fragmente desselben durchaus von zweien oder mehren verschiedenen Gesteinen abstammen. Die monogenen klastischen Gesteine werden gewöhnlich nach demjenigen Gesteine benannt, dessen Fragmente sie hauptsächlich zusammensetzen; (Quarzit-Conglomerat, Gneiss-Conglomerat, Porphyrbreccie, Grünsteinbreccie, Quarzsandstein). Bei den polygenen Gesteinen der Art lässt sich dieselbe Benennung gebrauchen, wenn die Fragmente eines Gesteins sehr vorwaltend sind; ausserdem muss man sich durch Adjectiva oder Umschreibungen helfen.

§. 144. *Phaneromere und kryptomere Gesteine; Untersuchung der letzteren.*

Wie leicht und sicher nun auch der Unterschied des einfachen und gemengten Gesteins in vielen Fällen zu erkennen ist, so giebt es doch andere Fälle, in denen die Entscheidung darüber sehr unsicher und schwierig werden kann. Wenn nämlich die Bestandtheile eines gemengten Gesteines in fast mikroskopischer Kleinheit und in sehr inniger Verwachsung ausgebildet sind, so tritt für die Erkennung des gemengten Zustandes dieselbe Schwierigkeit ein, wie für die Erkennung des krystallinischen Zustandes in den kryptokrystallinischen Gesteinen; (§. 142). Man kann daher die gemengten Gesteine in dieser Hinsicht als phaneromere und kryptomere Gesteine unterscheiden, je nachdem sie ihre

Zusammensetzung aus verschiedenen mineralischen Bestandtheilen mit dem unbewaffneten Auge deutlich erkennen lassen, oder nicht*). Die kryptomeren Gesteine stellen sich also dem blossen Auge wie scheinbar einfache Gesteine dar, weshalb sie auch so genannt worden sind.

Dergleichen kryptomere oder scheinbar einfache Gesteine gehören nun zu den sehr häufigen Erscheinungen. So sind z. B. viele Thonschiefer, Grünsteine, Basalte, die Grundmassen der meisten Porphyre, die Mergel, als kryptomere Aggregate verschiedener Mineralien zu betrachten, welche letztere in ganz kleinen Individuen oder Partikeln so innig durch einander gewachsen sind, dass für das unbewaffnete Auge die Verschiedenartigkeit derselben verloren geht. Wenn also bei solchen Gesteinen schon die Erkennung des gemengten Zustandes überhaupt seine Schwierigkeit hat, so lässt sich erwarten, dass die Bestimmung ihrer wahren mineralischen Zusammensetzung mit noch weit grösseren Schwierigkeiten verbunden sein wird; wir haben es daher bei ihnen eigentlich mit zwei Aufgaben, nämlich mit dem Nachweis eines Gemenges, und mit der mineralogischen Bestimmung der Elemente desselben zu thun. Die erste Aufgabe wird oft, die zweite Aufgabe bisweilen, und wenigstens approximativ, durch die Anwendung der Loupe oder des Mikroskops gelöst werden können. Insbesondere wird die Erkennung des gemengten Zustandes oft dadurch ermöglicht werden, dass man dünne Splitter des Gesteins im durchscheinenden Lichte durch die Loupe betrachtet, wobei sich die Verschiedenheiten der Gemengtheile bestimmter zu erkennen geben, als im reflectirten Lichte.

Weil es aber bei allen kryptomeren Gesteinen von der höchsten Wichtigkeit ist, nicht nur ihre zusammengesetzte Natur überhaupt, sondern auch ihre wesentlichen, mineralischen Bestandtheile zu erkennen, so müssen wir die Hilfsmittel kennen lernen, welche uns auch zur Lösung dieser Aufgabe gelangen lassen.

Es sind diess besonders folgende:

1) Prüfung des Gesteines unter der Loupe oder unter dem Mikroskope; dieses einfache Mittel wird gar nicht selten, wie zur Unterscheidung der Gemengtheile überhaupt, so auch zur Erkennung der Mineralspecies führen, welchen sie angehören; es muss jedenfalls die erste Untersuchung sein, welcher man ein kryptomeres Gestein unterwirft, weil eine

*) *Hauy* (in seiner *Distribution mineralogique des roches*) und nach ihm *Cordier* bedienten sich zu derselben Unterscheidung der Worte *phanerogène* und *adelogène*, worin ihnen auch neuere französische Geologen gefolgt sind; z. B. *Charles d'Orbigny* im *Dictionnaire universel d'hist. nat.*, Artikel *Roche, p.* 148.

bedeutende Vergrösserung dasselbe wie ein phaneromeres Gestein erscheinen lassen kann.

2) Verfolgung der in der Natur vorliegenden Uebergänge. Eine und dieselbe Gesteins-Ablagerung zeigt oft an verschiedenen Puncten eine sehr verschiedene Entwicklung ihrer Gemengtheile, indem solche hier gross und deutlich, dort klein und undeutlich, und noch weiter als ganz unkenntliche und ununterscheidbare Theilchen ausgebildet sein können, ohne dass doch die mineralische Natur derselben irgend einer wesentlichen Veränderung unterliegt, daher denn auch diese verschiedenen Varietäten derselben Gesteinsmasse gewöhnlich durch ganz allmälige Uebergänge in einander zu verlaufen pflegen. Findet man also irgendwo ein Gestein von kryptomerer Zusammensetzung, so untersuche man dieselbe Gesteinsmasse in ihrer weiteren Ausdehnung, und man wird nicht selten so glücklich sein, eine ununterbrochene Reihe von Uebergängen aufzufinden, deren letzte Glieder so deutlich zusammengesetzt sind, dass man die einzelnen Bestandtheile derselben einer genauen mineralogischen Bestimmung unterwerfen kann.

3) Prüfung verwitterter oder zersetzter Varietäten des betreffenden Gesteins. Die Verwitterung, und überhaupt die durch die Atmosphärilien und Gewässer bedingten Zersetzungsprocesse der Natur greifen oft die verschiedenen Bestandtheile eines Gesteins in sehr verschiedenem Grade an, so dass in einem und demselben Stadio der Verwitterung der eine Gemengtheil gänzlich zersetzt sein kann, während der andere Gemengtheil noch völlig unzersetzt geblieben ist. Dadurch kann aber in einem kryptomeren Gesteine, welches im frischen Zustande seine Gemengtheile nicht unterscheiden lässt, der eine oder der andere unzersetzt gebliebene Gemengtheil deutlich sichtbar gemacht werden, so dass man ihn vielleicht unter der Loupe mit Sicherheit zu bestimmen vermag. Man wird daher gut thun, ein kryptomeres Gestein nicht blos im frischen Bruche, sondern auch auf seinen mehr oder weniger zersetzten und verwitterten Flächen genau zu untersuchen.

4) Genaue mineralogische Untersuchung des Gesteins. Obgleich in jedem kryptomeren Gesteine eigentlich ein Gemenge zweier oder mehrer Mineralien vorliegt, so ist es doch sehr zweckmässig, dasselbe auch als Ganzes nach allen Regeln der mineralogischen Untersuchung auf seine physischen und chemischen Eigenschaften zu prüfen. Schon die physischen Eigenschaften werden uns sehr häufig einen mehr oder weniger sichern Schluss auf seine Bestandtheile machen lassen. Besonders sind in dieser Hinsicht die Farbe, das specifische Gewicht und die Härte zu berücksichtigen. Nimmt man noch ausserdem einige der gewöhnlichsten Löthrohrversuche und das Verhalten gegen Säuren zu Hilfe, so wird man durch die Berücksichtigung aller dieser Eigenschaften wenigstens dahin gelangen, dass die Zahl derjenigen Gemengtheile sehr eingeschränkt wird, zwischen denen die Entscheidung noch schwanken kann. Sehr häufig finden sich innerhalb der kryptomeren Grundmasse eines Gesteines grössere Krystalle oder Individuen eingesprengt, von welchen mit Recht anzunehmen ist, dass sie diejenigen Mineralspecies repräsentiren, aus denen auch die Grundmasse hauptsächlich besteht; dann wird man durch die mineralogische Untersuchung dieser Krystalle zur Kenntniss der wesentlichen Zusammensetzung des Gesteines gelangen.

5) Mechanische Zerlegung des Gesteins. Diese Methode der Untersuchung, auf welche Fleuriau de Bellevue schon im Jahre 1800 verwies*), ist zuerst von Cordier in die Wissenschaft eingeführt und mit grossem Erfolge angewendet worden. Sie bezweckt zunächst eine Absonderung der mit einander verwachsenen Gemengtheile, eine isolirte Darstellung derselben in der Form kleiner Körner. Zu dem Ende wird das Gestein zu einem gröblichen Pulver zerkleint, und das so erhaltene Pulver durch Schlämmen und Waschen auf einer geneigten Glastafel so lange behandelt, bis die verschiedenen Gemengtheile nach ihrem specifischen Gewichte in eben so viele verschiedene Partieen von Sand abgesondert worden sind. Die durch diese Aufbereitung erhaltenen homogenen Pulver oder Sande werden dann theils unter dem Mikroskope, theils vor dem Löthrohre, theils durch andere chemische Hilfsmittel untersucht, um die Mineralspecies zu bestimmen, denen sie angehören. Nach dieser Methode hat Cordier viele scheinbar einfache vulcanische Gesteine untersucht und gefunden, dass solche wesentlich aus Augit, Feldspath, Leucit und einigen anderen Mineralien zusammengesetzt sind**).

6) Chemische Analyse des Gesteins. Wenn uns endlich alle bisher angegebenen Hilfsmittel im Stiche lassen, da wird als letztes Mittel die chemische Analyse des Gesteins zu benutzen sein. Viele kryptomere Gesteine bestehen z. B. aus zwei Gemengtheilen, von welchen der eine in Säuren auflöslich ist, während der andere unaufgelöst bleibt; man wird also zuvörderst durch zweckmässige Behandlung in Säuren den auflöslichen von dem unauflöslichen Bestandtheile trennen, und dann jeden für sich einer förmlichen quantitativen Analyse unterwerfen, deren Resultate endlich auf die Erkennung derjenigen Mineralspecies führen, welchen die Gemengtheile angehören. Sind beide Gemengtheile in Säuren auflöslich, oder sind mehre Gemengtheile vorhanden, von denen durch dieselbe Säure (überhaupt durch dieselbe chemische Operation) mehr als einer gänzlich aufgelöst, oder auch nur theilweise zersetzt wird, so erhält man freilich mehr oder weniger eine summarische oder Bausch-Analyse, deren Resultate nur durch eine angemessene Interpretation und Berechnung auf die Erkennung der verschiedenen Mineralspecies gelangen lassen werden, welche zugleich analysirt worden sind.

*) In seinem *Mémoire sur les cristaux microscopiques* (*Journ. de Phys. t.* 51, p. 442 f.) wo er die Nothwendigkeit hervorhebt, auch die mikroskopisch kleinen Bestandtheile der Gesteine zu untersuchen, was freilich oft eine *analyse mécanique* erfordern werde, zu welchem Behufe er eine *demi-trituration, suivie du lavage* empfiehlt. Auch Leopold v. Buch deutete darauf hin in seinem Werke: Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien, Bd. II, S. 182, wo er, nach Beschreibung der Vesuvischen Lava von 1767, sagte: »So kommen wir dahin, für einfach zu halten, was in der That ein Gemenge von mehren Fossilien ist. Das sollte uns aufmerksam machen, in anderen scheinbar dichten Gesteinen es zu versuchen, die Fossilien, aus denen sie zusammengesetzt sind, mechanisch zu trennen.«

**) *Cordier's* treffliche Abhandlung über diesen Gegenstand findet sich im *Journal de physiqne, t.* 83, 1815, *p.* 135 ff.

Da man es in solchen Fällen gewöhnlich mit Silicaten zu thun hat, so beruht diese Berechnung vorzüglich auf der Kenntniss der mancherlei möglichen Verbindungsstufen der Kieselsäure mit den verschiedenen Basen, unter Berücksichtigung der durch den Isomorphismus bedingten Verhältnisse, welche letztere allerdings bei complicirten Gesteinen den grossen Uebelstand herbeiführen, dass die Analyse auf sehr verschiedene Weise interpretirt und berechnet werden kann*). Daher sind noch andere Thatsachen zu berücksichtigen, um auf die richtige Interpretation der Analyse geleitet zu werden, und ein der Natur wirklich entsprechendes Resultat zu erhalten. Diese Thatsachen, durch welche allein die ganze Untersuchung auf dem wahren geognostischen Standpuncte erhalten werden kann, sind nun nach Abich besonders folgende:

a) Das möglichst genau bestimmte specifische Gewicht des Gesteins;
b) die überall erkannte gesetzmässige Aggregation gewisser Mineralspecies zur Bildung gewisser Gesteine, und
c) die erkannten Gesetze darüber, wie das Vorhandensein gewisser Mineralspecies das gleichzeitige Dasein anderer Species entweder gestattet, oder ausschliesst.

Die aus der summarischen Elementar-Analyse berechnete mineralische Zusammensetzung eines Gesteins kann nämlich nur dann richtig sein, wenn das aus dem so gefundenen Quantitäts-Verhältnisse der Gemengtheile berechnete Gewicht mit dem wirklich beobachteten Gewichte übereinstimmt. Das specifische Gewicht der Gesteine liefert also eine Controle für die Interpretation der chemischen Analyse.

Eben so wichtig sind aber auch die beiden, aus der Erfahrung abstrahirten petrographischen Gesetze; das erstere bildet die Grundlage aller unserer Gesteinsbegriffe; wir nennen eben gewisse Gesteine deshalb Syenit, Diorit, Dolerit u. s. w., weil sie aus bestimmten Mineralspecies bestehen, welche gesetzmässig mit einander verbunden sind.

Weniger bestimmt ist das zweite Gesetz über das gegenseitige Bedingen und Ausschliessen gewisser Mineralspecies. So glaubte man bisher, dass jeder mit Hornblende und Quarz vorkommende Feldspath nothwendig entweder Orthoklas, oder Sanidin oder Albit sein müsse. Jetzt wissen wir aber, dass auch Oligoklas und andere Feldspathe mit ihnen vorkommen können**). Einstweilen dürften aber doch folgende Sätze als giltig zu betrachten sein:

1) Gesteine, welche dreifach kieselsaure Feldspathe (also Orthoklas, Albit oder Sanidin) oder auch Oligoklas, zugleich mit Quarz, als we-

*) Diese und die folgenden Bemerkungen entlehnen wir wesentlich aus Abich's Abhandlung: Ueber die Natur des Armenischen Hochlandes, Dorpat 1843, S. 40 ff. Manche in dieser Hinsicht sehr beachtenswerthe Bemerkungen gab schon im Jahre 1829 *Beudant*, in seinem *Mémoire sur la discussion des analyses minérales.* (*Mém. de l'Acad. roy. des sciences, t. VIII.* und *Bulletin des sc. nat., Févr.* 1829.)

**) Nach der kürzlich von *Delesse* angestellten Untersuchung des Kugeldiorites von Corsica giebt es sogar hornblend- und quarzführende Gesteine, deren Feldspath einfach kieselsauer ist; denn der feldspathige Gemengtheil dieses Diorites hat sehr nahe die Zusammensetzung des Anorthites. *Comptes rendus, t.* 27, *p.* 412.

sentliche Gemengtheile zeigen, können Hornblende, aber nicht Augit, und eben so wenig Labrador enthalten;

2) Labrador führende Gesteine bedingen die Gegenwart von Augit, schliessen aber in der Regel Hornblende und Quarz aus;

3) Gesteine, deren specifisches Gewicht geringer ist, als das des Labradors, können niemals Gemenge von Labrador und Augit sein;

4) Gesteine, die keinen wasserhaltigen Zeolith enthalten, können keine Basalte sein; und

5) Hornblende führende Silicat-Gesteine, deren specifisches Gewicht kleiner als das der Hornblende ist, enthalten in der Regel Quarz.

Die Methode der chemischen Analyse ist zuerst von C. G. Gmelin für die Phonolithe und Basalte, dann von Berzelius für die Meteorsteine, von Dufrénoy für die Laven, von Stokes, Frick, Holtzmann, Pleischl und Sauvage für die Thonschiefer, von Abich für sehr viele vulcanische Gesteine, von Delesse und Bergemann für die Trappe mit dem glücklichsten Erfolge in Anwendung gebracht worden.

§. 145. *Accessorische Bestandmassen und Einschlüsse der Gesteine.*

Sehr viele Gesteine lassen, ausser dem sie wesentlich zusammensetzenden Mineral-Aggregate, noch mancherlei, von ihrer eigentlichen Masse mehr oder weniger abweichende mineralische Einschlüsse erkennen. Man kann dergleichen Einschlüsse, sofern sie an der Stelle ihres jedesmaligen Vorkommens mit zu dem Bestande des Gesteins gehören, auch gewöhnlich in einer wesentlichen Beziehung zu dem hauptsächlichen Bestande desselben stehen, während sie doch anderseits keine nothwendige, sondern eine mehr zufällige Erscheinung bilden, unter dem Namen der accessorischen Bestandmassen begreifen. Während also die accessorischen Gemengtheile gewöhnlich nur in einzelnen Individuen oder Partikeln auftreten, so bilden die accessorischen Bestandmassen förmliche Mineral-Aggregate von mancherlei sehr verschiedenen Formen, bisweilen auch von sehr complicirter Zusammensetzung. Dahin gehören z. B. die Mandeln der Mandelsteine, die verschiedenen Drusen, Concretionen, Nester, Trümer und Adern, welche in so vielen Gesteinen vorkommen, ohne doch in allen Fällen angetroffen zu werden, weshalb sie nicht gerade zu dem Wesen derselben gehören.

Beispiele: Achatmandeln in den Trapp-Mandelsteinen, Zeolithmandeln im Basaltmandelstein, Hornsteinadern und Chalcedontrümer im Felsitporphyr, Asbesttrümer und Chloritnester im Serpentin, Quarz- oder Kalkspathdrusen im Sandstein und Kalkstein, kugliche und nierförmige Krystallgruppen von

Eisenkies im Schieferthon, Hornsteinkugeln im Kalkstein, Feuersteinknollen in der Kreide. Alle diese und ähnliche Gebilde gehören allerdings da, wo sie einmal vorkommen, mit zu dem Bestande des Gesteins, allein sie gehören nicht nothwendig dazu. Denn Serpentin ohne Asbesttrümer, Kreide ohne Feuersteinknollen bleiben deshalb immer das, was sie sind, nämlich Serpentin und Kreide; gerade so wie Gyps ohne Boracitkrystalle, Glimmerschiefer ohne Granatkrystalle immer noch Gyps und Glimmerschiefer bleiben. Daher sind denn auch diese Mineral-Aggregate nur als accessorische Bestandmassen zu betrachten; sie sind es auch dann noch, wenn sie, wie diess bisweilen der Fall ist, so gewöhnlich und so zahlreich auftreten, dass sie, ungefähr so wie manche accessorische Bestandtheile (S. 432) als charakteristische Erscheinungen in dem betreffenden Gesteine gelten müssen. Nur die Mandeln der Mandelsteine gehören gewissermaassen mit zu dem Wesen dieser Gesteine, da ein Mandelstein aufhört, ein solcher zu sein, sobald die Mandeln in ihm gänzlich vermisst werden*). Uebrigens werden alle diese accessorischen Mineral-Aggregate nach ihrer Form und Structur in der Histologie der Gesteine noch besonders zu betrachten sein, während an gegenwärtigem Orte nur auf das Vorkommen derselben überhaupt aufmerksam gemacht werden musste.

Ausser diesen accessorischen Bestandmassen, welche mit dem Wesen der Gesteine mehr oder weniger innig verknüpft und theils als Hineinbildungen, theils als Herausbildungen derselben zu betrachten sind, kommen nun aber auch in den Gesteinen häufig andere, mehr zufällige und fremdartige Einschlüsse vor, welche wir künftig unter diesem Namen aufführen werden. Dahin gehören z. B. in krystallinischen Gesteinen die von ihnen nicht selten umschlossenen Fragmente anderer Gesteine; in krystallinischen, klastischen und porodinen Gesteinen die Ueberreste organischer Körper. Diese fremdartigen Einschlüsse können allerdings zuweilen so zahlreich und überwiegend werden, dass sie endlich den Charakter des umschliessenden Gesteins gänzlich verändern, und dass z. B. ein, anfangs nur mit einzelnen Fragmenten versehenes krystallinisches Gestein endlich in ein, wesentlich aus solchen Fragmenten bestehendes Gestein, dass ein, hier nur sparsame Conchylien enthaltendes Gestein dort in ein bloses Aggregat von Conchylien übergeht.

Beispiele: Fragmente von Gneiss, Glimmerschiefer oder Thonschiefer in Granit, Porphyr oder Grünstein; Fragmente von Granit, Kalkstein oder Sandstein in Basalt. Versteinerte Schnecken, Muscheln, Krinoiden oder Korallen in Kalkstein, Sandstein, Thon; versteinertes Holz in Opal. Porphyre mit einzelnen Gneissfragmenten können durch Ueberhandnehmen derselben in förm-

*) Für die Mandelsteine gilt jedoch eigentlich, was *Rozet* behauptete, dass sie nur als Modificationen, als besondere Ausbildungsformen anderer Gesteine zu betrachten sind. *Bull. de la soc. géol.*, *t. IV*, 1833, *p.* 212.

liche Breccien oder Conglomerate, Kalksteine mit einzelnen Krinoiden- oder Korallenresten durch immer grössere Anhäufung derselben endlich in Krinoiden- oder Korallenkalkstein übergehen.

§. 146. *Ursprünglicher, metamorphischer, frischer und zersetzter Zustand der Gesteine.*

Bei den meisten Gesteinen ist es sehr wichtig, den verschiedenen Zustand zu berücksichtigen, in welchem sich dieselben befinden. Besonders sind in dieser Hinsicht der ursprüngliche Zustand, der metamorphische Zustand, der frische oder unzersetzte Zustand und der Zustand der mehr oder weniger weit fortgeschrittenen Zersetzung zu unterscheiden.

Unter dem ursprünglichen Zustande eines Gesteins verstehen wir denjenigen, welchen es unmittelbar nach seiner Ablagerung und ersten Festwerdung angenommen hatte. In diesem Sinne des Wortes giebt es freilich manche Gesteine, von denen uns der ursprüngliche Zustand so gut wie unbekannt ist. Die meisten Kalksteine z. B. sind gewiss ursprünglich nicht mit denjenigen Eigenschaften versehen gewesen, mit welchen sie gegenwärtig vor uns erscheinen; dasselbe dürfte von vielen Schiefern und manchen anderen Gesteinen gelten. Von vielen Gesteinen können wir dagegen mit ziemlicher Gewissheit behaupten, dass sie seit ihrer ersten Festwerdung wenigstens keine auffallenden Veränderungen ihres Zustandes erfahren haben. Diess dürfte z. B. von den Graniten, Syeniten, Porphyren, Grünsteinen, Basalten, Laven, vom meisten Gneisse, Glimmerschiefer, überhaupt von der grossen Mehrzahl der krystallinischen Silicatgesteine gelten*).

Dagegen ist es gewiss, dass viele Gesteine seit ihrer ersten Festwerdung mehr oder weniger bedeutende Veränderungen entweder ihrer

*) Auf eine ganz andere Vorstellung gründet sich die von Bischof geltend gemachte Eintheilung der Gesteine in primäre und secundäre. (Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, I, S. IX und 354.) Unter primären Gesteinen versteht er solche, von welchen sich das Material nicht nachweisen lässt, aus dem sie entstanden, oder deren Material wir aus keiner anderen uns bekannten Quelle deriviren können; unter secundären Gesteinen dagegen solche, welche ihr Material nachweislich von irgend präexistirenden Massen bezogen haben. Wenn nicht zu läugnen ist, dass diese Unterscheidung für die Genesis der Gesteine ihren grossen Werth haben kann, so möchten doch zu ihrer Bezeichnung andere Ausdrücke zu wählen sein, weil die Worte primär und secundär in der Geognosie schon längst in ganz anderer Bedeutung gebraucht werden.

Masse, oder ihrer Structur, oder auch beider erlitten haben; Veränderungen, welche sich daher entweder nur in ihrem mineralischen Bestande, oder nur in ihrer Structur, oder auch in beiden diesen Verhältnissen zugleich zu erkennen geben. Man bezeichnet solche Gesteine im Allgemeinen als metamorphische Gesteine, und den Zustand, in welchem sie sich vorfinden, als metamorphischen Zustand. (Thonschiefer mit Chiastolithkrystallen oder mit Fahlunit-Concretionen, vieler krystallinisch-körniger Kalkstein, vieler Dolomit, Anthracit, gefritteter oder halbverglaster Sandstein, sogenannter Porcellanjaspis.)

Diese Metamorphose, welche in solchen Fällen, wo sie mit einer substantiellen Umwandlung verbunden war, richtiger Metasomatosis genannt werden würde*), ist nun aber entweder eine normale und allgemeine Metamorphose, sofern sie einer gesetzmässigen und nothwendigen Phase in der allmäligen Entwicklung des Gesteins entspricht, welche durch eine ganz allgemein wirkende Ursache veranlasst und daher innerhalb des ganzen Ausdehnungsgebietes des Gesteins zur Ausbildung gebracht worden ist; oder sie ist eine abnorme und locale Metamorphose, sofern sie durch ausserordentliche Ursachen, nur hier und da, innerhalb eines beschränkten Gebietes des betreffenden Gesteines hervorgerufen wurde.

Diese Unterscheidung der normalen und abnormen Metamorphose ist von grosser Wichtigkeit. Sehr viele Gesteine, welche gewöhnlich nicht als metamorphische betrachtet werden, sind es dennoch, weil sie in den früheren Perioden ihres Daseins einer durchgreifenden normalen Metamorphose unterlagen, durch welche ihr ursprüngliches Wesen mehr oder weniger auffallende Veränderungen erlitt. Wenn wir z. B. einen grauen krystallinischen Korallenkalkstein oder einen Krinoidenkalkstein vor uns sehen, so können wir überzeugt sein, dass nach der ersten Festwerdung der erstere ein Geflechte von Korallen, der andere ein Haufwerk von Krinoidengliedern war, während beide gegenwärtig ein Aggregat von unzähligen Kalkspath-Individuen darstellen. Hier ist offenbar im Laufe der Zeiten eine Umwandlung vorgegangen, durch welche der auf organischem Wege dargestellte kohlensaure Kalk in das Mineral Kalkspath überging, ohne dass weder die organische Form noch die Lineamente der organischen Structur gänzlich vertilgt wurden. Weil sich aber die Ablagerung in ihrer ganzen Ausdehnung mit diesen neuen Eigenschaften zeigt, so schliessen wir, dass es normaler Metamorphismus war, der sie betroffen hat. Beobachten wir aber an einer Stelle, wo dieser Kalkstein z. B. an Granit angränzt, dass dort der graue, von organischen Formen strotzende Kalkstein in einen schneeweissen krystallinisch-grobkörnigen Mar-

*) Vergl. mein Lehrbuch der Mineralogie, 1826, S. 209, und meine Elemente der Mineralogie, 1846, S. 99.

mor übergeht, welcher keine Spur von organischen Formen, dafür aber manche krystallinische Silicate umschliesst, so werden wir uns zu der Folgerung berechtigt finden, dass hier ein abnormer und localer Metamorphismus gewirkt habe, welcher in irgend einem ursachlichen Zusammenhange mit dem Dasein des Granites steht.

Wenn die, ein Gestein zusammensetzenden Mineralien noch völlig unverändert alle physischen und chemischen Eigenschaften derjenigen mineralogischen Species und Varietäten besitzen, welchen sie angehören, so sagt man, dass das Gestein sich im frischen oder unzersetzten Zustande befindet. Wenn dagegen einer oder einige von den Gemengtheilen, in Folge der Verwitterung oder anderer Einwirkungen, eine Zersetzung ihrer Substanz und eine damit verbundene Veränderung ihrer physischen Eigenschaften erlitten haben, so schreibt man dem Gesteine selbst einen zersetzten Zustand zu. Dieser Zustand der Zersetzung kann mehr oder weniger weit fortgeschritten sein, und endlich theilweise eine so gänzliche Umwandlung des Gesteins herbeiführen, dass die ganze Erscheinung mit in die Kategorie des Metamorphismus gezogen werden muss.

Die Zersetzung giebt sich im Allgemeinen durch eine Bleichung oder Verfärbung, durch eine Erweichung und Auflockerung des Gesteins zu erkennen, und kommt ganz vorzüglich bei solchen Gesteinen vor, welche wesentlich aus gewissen Silicaten bestehen. Sie beginnt in der Regel an der Oberfläche, dringt von dort aus auf allen Fugen und Klüften des Gesteins einwärts, und kann ihre Wirkungen im Laufe der Zeiten bis auf grosse Tiefen und über sehr bedeutende Massen ausdehnen. In Folge dieser Einwirkung gewähren die Gesteine an ihrer Oberfläche oft einen ganz anderen Anblick, als im Innern, wo sie noch frisch und unzersetzt sind; da sich nun die Oberfläche unserer Beobachtung zuerst darbietet, so gewinnen diese Zersetzungs-Zustände der Gesteine eine grosse Wichtigkeit*). Während sie einerseits die Erkennung der wahren mineralischen Natur eines Gesteins erschweren, so können sie anderseits dadurch, dass gewisse, der Verwitterung widerstehende Bestandtheile nach der Zersetzung der sie umhüllenden Masse deutlicher hervortreten, zu einer sichern Erkennung dieser Bestandtheile gelangen lassen.

*) In geognostischen Sammlungen müssen daher neben den frischen, aus der Mitte des unzersetzten Gesteins herausgeschlagenen Stücken auch solche Stücke niedergelegt werden, welche von der ersten Verwitterungskruste an bis zum durchaus zersetzten Zustande die verschiedenen Stadien der Veränderung repräsentiren.

Die Zersetzung hat daher für die Diagnose der Gesteine theils einen günstigen, theils einen ungünstigen Erfolg.

In der Allöosologie der Gesteine werden diese Zersetzungs-Processe eben so wie die vorzugsweise so genannten Erscheinungen des Metamorphismus genauer in Betrachtung gezogen werden, was nur dann erst mit Erfolg geschehen kann, wenn wir die verschiedenen Gesteine selbst nach ihrer wesentlichen Zusammensetzung kennen gelernt haben. An gegenwärtigem Orte sollte auf diese wichtigen Verhältnisse nur im Allgemeinen hingewiesen werden.

B. Histologie der Gesteine.

§. 147. *Begriff der Structur der Gesteine.*

Die Histologie der Gesteine ist derjenige Abschnitt der Petrographie, welcher die verschiedenen Verhältnisse der Structur der Gesteine zum Gegenstande hat.

Unter der Structur der Geteine verstehen wir das durch die Form, die Grösse, die Lage, die Vertheilung und die Verbindung der Gesteins-Elemente und gewisser accessorischer Bestandmassen bedingte innere Gefüge derselben*). Da nun die Elemente der meisten Gesteine ent-

*) Omalius d'Halloy und Cotta unterscheiden die Textur und die Structur der Gesteine, wie auch ich solches für die Aggregate der einfachen Mineralien zu thun pflege. Sehr gern würde ich für die Gesteine gleichfalls diesen Unterschied geltend gemacht haben, wenn ich nicht befürchten müsste, dadurch mit der einmal gebräuchlichen Terminologie zu sehr in Widerspruch zu gerathen. Will man nämlich den Unterschied der Textur und Structur mit einiger Consequenz durchführen, so kann man unter der ersteren nur das durch die ersten Gesteins-Elemente (Krystalle und Fragmente) bedingte Gefüge, unter der letzteren das durch die höheren Aggregationsgrade bedingte Gefüge verstehen. Dann würde aber z. B. die oolithische Zusammensetzung schon in die Kategorie der doppelten Structur, die sphäroidische Structur mancher Granite, Diorite aber in die Kategorie der Textur gezogen werden müssen. In meinen Vorlesungen habe ich es wohl zuweilen versucht, beide Begriffe in solcher Weise zu sondern, bin aber, dieser und anderer Consequenzen wegen, gewöhnlich wieder davon abgegangen. Allerdings hat, wie diess Hausmann mit Recht hervorhebt, die absolute Grösse der Erscheinungen nur einen untergeordneten Werth in der Geognosie, und die Rogensteinkugel ist von einer concentrisch-schaligen Grünsteinkugel histologisch nicht sehr verschieden. Desungeachtet habe ich es nicht gewagt, die Histologie der Gesteine von solchem etwas ungewöhnlichem Gesichtspuncte aus zu behandeln, und diess ist der Grund, weshalb ich noch einstweilen blos von einer Structur der Gesteine spreche.

weder krystallinische Individuen und Concretionen, oder auch Fragmente anderer Gesteine sind, so werden zunächst die Formen und die Dimensions-Verhältnisse dieser Elemente in Betrachtung zu ziehen sein, weil solche jedenfalls einen sehr wesentlichen Einfluss auf die Structur der Gesteine ausüben. Aus demselben Grunde müssen aber auch gewisse allgemeine Verschiedenheiten betrachtet werden, welche sich in der gegenseitigen Lage der Individuen oder Fragmente, in der Art und Weise ihrer Vertheilung, und in der Modalität ihrer Verbindung herausstellen.

Die Structur eines Gesteines wird nämlich, ihrer Definition zufolge, durch folgende Verhältnisse bestimmt:

1) Durch die Form der Gesteins-Elemente; so werden tafelartige Individuen eine andere Structur zur Folge haben, als körnige oder säulenförmige Individuen (körniger und schiefriger Trachyt); scheibenförmige Geschiebe eine andere, als runde Gerölle; (Thonschieferconglomerat und Quarzconglomerat).

2) Durch die Grösse der Gesteins-Elemente; zollgrosse Individuen oder Bruchstücke werden eine andere Structur bedingen, als mikroskopisch kleine Individuen oder Fragmente (grobkörniger Gyps und dichter Gyps); sind bei verschiedenartigen Gemengtheilen die Individuen derselben ziemlich gleich gross, so wird diess eine andere Structur zur Folge haben, als wenn z. B. die Individuen des einen Gemengtheils in mikroskopischer Kleinheit, die des anderen Gemengtheils aber in bedeutender Grösse ausgebildet sind (körniger Diorit und Dioritporphyr).

3) Durch die Lage der Gesteins-Elemente; die Structur wird z. B. anders ausfallen, wenn die säulenförmigen Individuen des einen Gemengtheils nach allen möglichen Richtungen durch einander liegen, als wenn sie in parallelen Ebenen ausgebreitet, oder durchgängig nach einer und derselben Richtung parallel gestreckt sind; dasselbe gilt in sehr auffallender Weise bei tafelförmigen Individuen.

4) Durch die Vertheilung der Gesteins-Elemente; sind die verschiedenen Gemengtheile ziemlich gleichmässig durcheinander gestreut, so wird eine andere Structur zum Vorschein kommen, als wenn sie schichtenweise gesondert sind, oder als wenn der eine Gemengtheil in feinkörniger Zusammensetzung eine vorherrschende Grundmasse bildet, in welchem die grösseren Individuen des andern Gemengtheils nur einzeln ausgestreut vorkommen.

5) Durch die Verbindung, d. h. die grössere oder geringere Contiguität und Adhäsion der Gesteins-Elemente, auf welchen besonders der Unterschied der compacten und porosen, der festen und losen Gesteine beruht.

Die Structur der Gesteine ist jedoch nicht blos von ihren Bestandtheilen, als ihren letzten petrographischen Elementen, sondern auch in vielen Fällen von ihren accessorischen Bestandmassen abhängig, und es wird daher nothwendig, diese Bestandmassen sowohl nach ihren allgemeinen Verschiedenheiten als auch nach ihren mancherlei Formen und Structuren kennen zu lernen.

Endlich giebt es auch gewisse Structuren, welche lediglich in Variationen der Gesteinsbeschaffenheit begründet sind; in Variationen, die oft so unbedeutend sind, dass sie sich im frischen und unzersetzten Zustande des Gesteins sehr wenig oder auch gar nicht zu erkennen geben, daher in solchen Fällen die Structur erst durch die Verwitterung und Zersetzung sichtbar gemacht wird, wie diess z. B. bei der krummschaligen und sphäroidischen Structur vieler Grünsteine und Basalte vorzukommen pflegt.

§. 148. *Formen und Dimensionen der krystallinischen Gesteins-Elemente.*

Die Elemente der krystallinischen Gesteine sind nach S. 426 entweder einzelne Individuen oder Aggregate von Individuen, welche letztere kleine oder sehr kleine sphäroidische Concretionen von mikrokrystallinischer oder kryptokrystallinischer Zusammensetzung darstellen, daher wir denn auch die concretionären Gesteine von den gewöhnlichen krystallinischen Gesteinen unterscheiden können.

Da sich nun aber die Individuen der krystallinischen Gesteine gewöhnlich in ihrer freien Formentwicklung gegenseitig dermaassen behindert haben, dass sie nur selten als vollständig ausgebildete Krystalle, sondern grösstentheils in mehr oder weniger verdrückten, durch Zusammensetzungsflächen ganz unregelmässig begränzten Formen auftreten, so haben wir auch in der Histologie der Gesteine besonders den allgemeinen Formentypus derselben zu berücksichtigen, wie er schon in der Mineralogie, bei der Betrachtung der verschiedenen Mineral-Aggregate, als körniger, stänglicher und lamellarer Typus unterschieden wird *).

Bei körnigem Typus haben die Individuen nach allen drei Richtungen ungefähr gleich grosse Dimensionen; die Körner sind meist ungestaltet, zeigen wohl zuweilen einzelne Krystallflächen oder doch Rudimente derselben, werden aber hauptsächlich von ganz unregelmässigen Zusammensetzungsflächen begränzt; nach ihrer besonderen Form unterscheidet man sie als eckige und rundliche Körner. (Feldspath- und Quarzkörner im Granit, Kalkspathkörner im Kalkstein.) Nach der absoluten Grösse pflegt man die Körner als grosse, grobe, kleine und feine zu unterscheiden, je nachdem sie ungefähr einen Zoll und darüber, oder 1 bis 1/4 Zoll, oder 1/4 Zoll bis 1 Linie, oder unter einer Linie gross sind; doch wird es mit diesen Bestimmungen nicht so genau genommen.

*) Vergl. meine Elemente der Mineralogie, S. 86.

Bei stänglichem Typus haben die Individuen eine sehr vorherrschende Längen-Dimension, sind also nach einer Linie ausgedehnt; die Seitenflächen derselben erscheinen bald als ziemlich vollständige Krystallflächen, bald als regellose Zusammensetzungsflächen; sehr feine Stängel nennt man auch Nadeln oder Fasern. (Quarzstängel im Schriftgranit, Hornblendnadel im Hornblendschiefer, Gypsfasern im Fasergyps.)

Bei lamellarem Typus haben die Individuen eine vorherrschende Längen- und Breiten-Dimension, sind also nach einer Fläche ausgebreitet, welche gewöhnlich eine, wenn auch nur unvollkommen ausgebildete Krystallfläche und zugleich eine Spaltungsfläche ist, daher sich die lamellaren Individuen auf den ersten Blick als krystallinische Elemente zu erkennen geben. Nach ihren weiteren Dimensions-Verhältnissen unterscheidet man sie als Tafeln, Blätter, Schuppen. (Sanidintafeln im Trachyt, Glimmerblätter im Granit, Chloritschuppen im Chloritschiefer.) Die schuppigen Individuen sind sehr häufig zu kleineren, flach ausgebreiteten und meist etwas gebogenen Aggregaten, den sogenannten Flasern, oder auch zu grösseren, ziemlich ausgedehnten Membranen verwebt.

Die in vielen Gesteinen eingesprengten und oft vollständig ausgebildeten Krystalle, welche theils als wesentliche, theils als accessorische Bestandtheile anzusehen sind, zeichnen sich gewöhnlich nicht nur durch ihre regelmässige Form, sondern auch zugleich durch ihre auffallende Grösse vor den Individuen der sie einschliessenden Gesteinsmasse aus. (Feldspathkrystalle im Granit, Sanidinkrystalle im Trachyt, Granatkrystalle im Glimmerschiefer, Magneteisenerzkrystalle im Chloritschiefer.) Die so vorkommenden Krystalle der verschiedenen Feldspath-Species sind in der Regel als Zwillingskrystalle, ja die der triklinoëdrischen Feldspathe, durch vielfach wiederholte Zwillingsbildung, als polysynthetische Krystalle ausgebildet. Die auf den Spaltungsflächen dieser letzteren Krystalle hervortretende Zwillingsstreifung gewährt uns ein vortreffliches Merkmal, um die triklinoëdrischen Feldspathe als solche zu erkennen.

Obgleich nun aber dergleichen eingesprengte Krystalle gewöhnlich sehr regelmässig gestaltet, auch häufig in völliger Unversehrtheit nnd Reinheit ausgebildet sind, so ist es doch wichtig, auf einige merkwürdige Anomalieen ihrer Bildung aufmerksam zu machen, welche in gewissen Fällen beobachtet werden. Dahin gehören besonders folgende Erscheinungen:

1) Krystalle mit geflossener oder scheinbar geschmolzener Oberfläche. Diese Erscheinung ist besonders bei denen, im sogenannten primitiven (grob- und kleinkörnigen) Kalksteine als accessorische Bestandtheile vorkommenden Krystallen von Pyroxen, Amphibol, Granat, Apatit, Chondrodit u. a. Mineralien sehr häufig zu beobachten. Ihre Kanten und Ecken sind ab-

gerundet, ihre Flächen gekrümmt und verbogen; dabei erscheint aber die ganze Oberfläche so glatt, dass man bei dem Anblicke solcher Krystalle unwillkürlich an eine begonnene Schmelzung erinnert wird, und ihren Habitus auf keine Weise treffender auszudrücken vermag, als dass man sagt, sie sehen aus wie angeschmolzen. Oft geht diess so weit, dass die Krystallform gänzlich verschwindet, und das Individuum nur noch als ein längliches oder rundliches Korn mit glatter, aber sehr regellos verbogener und eingedrückter Oberfläche erscheint.

2) Zerbrochene Krystalle. Die grösseren Feldspathkrystalle, welche so häufig in den Graniten und Trachyten vorkommen, die Turmalin- oder Schörlkrystalle im Granite und Quarze, die Feldspathkrystalle mancher Porphyre (z. B. auf Elba), die Zirkonkrystalle im Kalkstein von Hammond (Neu-York) sind zuweilen zerbrochen; wobei die einzelnen Bruchstücke durch dazwischen eingedrungene Gesteinsmasse getrennt, nicht selten auch gegen einander verschoben erscheinen, so dass die frühere Erstarrung der Krystalle und eine spätere, durch die umgebende Masse auf sie ausgeübte gewaltsame Einwirkung gar nicht bezweifelt werden kann. In den Trachyten sind die Fragmente der Sanidinkrystalle bisweilen fadig ausgezogen, als ob sie eine Schmelzung und Ausdehnung erfahren hätten *).

3) Durchwachsene Krystalle. Die grossen Feldspathkrystalle der sogenannten porphyrartigen Granite, die Leucitkrystalle der Leucitlaven, die Sanidinkrystalle der Trachyte **), die grossen Schillerspath-Individuen im Serpentin von Harzburg, und manche andere, in Gesteinen zur Ausbildung gekommene Krystalle sind nicht selten von einzelnen Partieen oder Gemengtheilen der sie umgebenden Gesteinsmasse durchwachsen. Während diess bei den erwähnten Feldspath- und Leucitkrystallen ohne alle Regel Statt zu finden pflegt, so erscheinen die Schillerspath-Individuen gleichsam gespickt von durchgreifenden Serpentintheilen. Sehr regelmässig aber findet sich dieselbe Erscheinung an denen im schwarzen Thonschiefer eingewachsenen Chiastolithkrystallen, welche der Länge nach von einer Thonschieferaxe durchzogen sind, deren Form, eben so wie die Formen der häufig vorkommenden Marginal-Ausfüllungen, mit der Krystallform des Chiastolithes im genauesten Zusammenhange steht.

Die in den concretionären Gesteinen auftretenden Concretionen haben entweder eine sphäroidische oder eine lenticulare Form sind meist

*) Vergl. Leop. v. Buch, Beschr. der Canarischen Inseln, S. 229, Nöggerath, Ausflug nach Böhmen, S. 92 f.; Gustav Leonhard, Beiträge zur Geologie von Heidelberg, S. 20 f.; Weibye, im Neuen Jahrbuch für Min., 1846, S. 290; *Macculloch, Trans. of the geol. soc., II, p. 432; Fournet, Bull. de la soc. géol., 2. sér., III, p. 479; Lewis Beck, The Amer. Journ. of sc., vol. 46, p. 333.*

**) Dergleichen beschrieb schon Spallanzani aus den Euganeen; für die Leucitkrystalle hebt Breislak die Erscheinung hervor, in seinem Lehrbuche der Geol., III, S. 243. Stifft erwähnt aus den Trachyten des Herzogthums Nassau Hornblendkrystalle, die einen Sanidinkrystall umschliessen. Geogn. Beschr. des Herz. Nassau, 1831, S. 186 u. 188.

aus mikroskopisch kleinen fasrigen oder körnigen Individuen zusammengesetzt, zeigen im ersteren Falle eine radialfasrige Textur, in beiden Fällen aber gar nicht selten eine concentrisch schalige Zusammensetzung. In ihrer Mitte umschliessen sie oft einen fremdartigen Körper, ein Sandkorn, ein kleines Muschelfragment und dergleichen. Was die Grösse dieser concretionären Gesteins-Elemente betrifft, so schwankt solche gewöhnlich zwischen der von feinen Mohnkörnern bis zu jener einer Erbse; nur selten werden sie nussgross oder grösser*). In den oolithischen Eisenerzen pflegen die Concretionen flach linsenförmig und sehr klein zu sein.

§. 149. *Formen und Dimensionen der klastischen Gesteins-Elemente.*

Die Elemente der klastischen Gesteine sind Bruchstücke anderer, früher gebildeter Gesteine, welche mittels eines sie verbindenden Cämentes zu einem neuen, regenerirten Gesteine vereinigt worden sind. Die Form dieser Bruchstücke ist nun aber eben so verschieden, als ihre Grösse. Je nachdem sie vor ihrer Ablagerung eine grössere oder geringere Reibung und Abschleifung erlitten haben, erscheinen die grösseren Bruchstücke:

a) als scharfkantige Fragmente, mit rauhen Bruchflächen, mit scharfen Kanten und Ecken, als ob sie eben erst von ihrem Muttergestein losgesprengt worden wären;
b) als stumpfkantige Geschiebe, mit abgeglätteten Flächen und mit mehr oder weniger abgerundeten Kanten und Ecken, und
c) als Gerölle, völlig abgeschliffen, mit kaum noch erkennbaren Kanten und Ecken, daher abgerundet, eiförmig, linsenförmig, bisweilen fast kugelrund.

Nach dem Verhältnisse ihrer Dimensionen sind besonders die, mit einer auffallend grössten Durchschnittsfläche versehenen scheibenförmigen oder plattenförmigen Bruchstücke und Geschiebe von den übrigen zu unterscheiden.

Sehr grosse Fragmente und Geschiebe nennt man auch Blöcke; Bruchstücke, die nur 1 bis 1/4 Zoll gross sind, heissen Brocken, Körner, oder Splitter, und der noch feinere Gesteinsschutt erscheint als

*) Saussüre sah im Jura, bei Chateau de Moutonne, einen oolithischen Kalkstein, dessen Kugeln anderthalb Zoll im Durchmesser hatten. *Voyages dans les Alpes, II*, §. 359.

Sand und Staub. Dass die sehr verschiedene Grösse, in welcher die Bruchstücke auftreten, einen wesentlichen Einfluss auf die Structur des von ihnen gebildeten Gesteins ausüben müsse, ist einleuchtend. Man pflegt daher auch bei den klastischen Gesteinen, wie bei den krystallinisch-körnigen, die Abstufungen grosskörnig, grobkörnig, kleinkörnig und feinkörnig zu unterscheiden. Weil jedoch die Fragmente und Gerölle häufig sehr gross sind, und bis zu einem Durchmesser von einem Fuss, einem Meter und darüber vorkommen, in welchem Falle sie doch nicht füglich Körner genannt werden können, so dürfte es nicht unzweckmässig sein, sich für dergleichen sehr grobe Gesteine der Ausdrücke grossstückig und kleinstückig zu bedienen.

Als einige in manchen Conglomeraten, als Aggregaten von Geröllen, vorkommende besondere Erscheinungen sind folgende zu erwähnen:

1) Zerbrochene aber wiederum verkittete Gerölle, wobei gewöhnlich die einzelnen Theile gegen einander mehr oder weniger verschoben sind. Dergleichen kommen nicht so gar selten vor; sie finden sich z. B. in dem Conglomerate des Hainichener Steinkohlengebirges, unweit der Heumühle im Striegisthale in Sachsen; in der Nagelfluh von St. Gallen in der Schweiz, in dem Conglomerate des *old red sandstone* bei Arbroath in Forfarshire, und in dem Conglomerate bei Stonehaven in Kincardineshire*).

2) Gerölle mit Eindrücken anderer Gerölle. Sie sind zuerst von Lortet aus der Nagelfluh von St. Saphorin, zwischen Lausanne und Vevay, als Kalksteingerölle mit rundlichen Eindrücken von anderen Geröllen beschrieben worden. Später beobachtete Blum dieselbe Erscheinung an den Geröllen sehr verschiedener Gesteine in der Nagelfluh von St. Gallen. Endlich zeigte Linth-Escher, dass sie (wie schon Hirzel mehre Jahre vor Lortet bemerkt hatte) in den Umgebungen des Züricher Sees ganz gewöhnlich vorkommt. Bei Dirnten, nördlich von Rapperswyl, zeigen fast alle Kalksteingerölle der Nagelfluh dergleichen Eindrücke; ja, nicht selten hat ein und dasselbe Geröll Eindrücke in anderen hervorgebracht und von anderen erlitten. Auch die tertiären Conglomerate der Gegend von Marseille enthalten solche Gerölle, und Wissmann fand sie in den Conglomeraten des Canton Appenzell und des Högau. Eine völlig genügende Erklärung dieser räthselhaften Erscheinung ist bis jetzt noch nicht geliefert worden**).

3) Hohle Gerölle. Auf das Vorkommen dieser sehr merkwürdigen aber seltenen Erscheinung hat Haidinger aufmerksam gemacht. Dergleichen Gerölle finden sich im Leithagebirge, in einem blassgelben, grösstentheils aus Korallenfragmenten bestehenden Kalkstein; sie sind meist völlig abgerundet, bestanden ursprünglich aus festem dunkelgrauen Kalkstein, sind aber im Innern

*) Vergl. Blum, im Neuen Jahrbuch für Min., 1840, S. 526, und *Trevelyan*, im *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *I*, *p.* 147.

**) Vergl. Lortet, im Neuen Jahrb. für Min., 1836, S. 196; Blum, ebend., 1840, S. 525, Linth-Escher, ebend., 1841, S. 450 ff.

zersetzt, und zuweilen so völlig ausgehöhlt, dass nur noch eine mehr oder weniger dicke Schale übrig blieb*).

Zu den ganz eigenthümlichen klastischen Elementen vieler vulcanischer Gesteine gehören die oben, S. 134 ff. betrachteten losen Auswürflinge der Vulcane, in welchen wir allerdings losgerissene Stücke, also gewissermaassen Fragmente anerkennen müssen; allein solche Fragmente, welche sich zum Theil noch in einem zähflüssigen Zustande befanden, als sie aus der flüssigen Lavamasse fortgeschleudert wurden. Dieser Zustand giebt sich denn auch in ihrer gegenwärtigen Form noch sehr deutlich zu erkennen, wie solches bei den vulcanischen Bomben, den Schlackenklumpen und den Lapilli mit schlackiger Oberfläche in die Augen fällt. Die abgescheuerten Lapilli dagegen, der vulcanische Sand und die Asche sind grösstentheils durch eine wirkliche Zerschmetterung, Zerreibung und Pulverisirung schon festgewordener Schlackenstücke gebildet worden. Während daher diese letzteren Auswürflinge wie die gewöhnlichen klastischen Gesteins-Elemente zu beurtheilen sind, so bilden die ersteren eine besondere Abtheilung, deren Formen als Congelationsformen bezeichnet werden können, weil sie während der raschen Erstarrung feurigflüssiger Lavaklumpen zur Ausbildung gelangten.

Von diesen Projectilien der Vulcane sind die sogenannten Bomben besonders interessant. Es wurde bereits S. 135 auf ihre Bildungsweise hingewiesen. Wenn nämlich ein von dem Vulcan ausgeschleuderter halbflüssiger Lavaklumpen während seines Ausfliegens durch einen seitlichen Stoss zugleich eine rotirende Bewegung erhielt, so musste er sich zu einem mehr oder weniger regelmässigen Sphäroide gestalten. Diese Entstehungsweise der Bomben wird nicht nur durch ihre Form, sondern auch durch ihre Structur dargethan. Sie sind kugelrund, abgeplattet, birnförmig, zuweilen mit einem kurzen Schweife versehen, lassen meist noch die Rotationsaxe erkennen, und zeigen bisweilen an der Oberfläche ringförmige, parallele Riefen oder Wülste, deren Ebene rechtwinklich auf der Axe ist; übrigens erscheint ihre Oberfläche rauh und schlackig. Vorzüglich lehrreich ist ihr Inneres, welches reich an Blasenräumen zu sein pflegt, die aber in der Mitte am grössten sind, nach aussen hin immer kleiner werden, bis endlich die äussere Rinde fast ganz compact ist; eine Erscheinung, welche mit der vorausgesetzten Bildungsart im vollen Einklang

*) Haidinger, in seinem Handbuche der bestimmenden Mineralogie, 1845, S. 326. Als eine hierher gehörige Erscheinung ist es noch zu erwähnen, dass in den Kalkstein-Conglomeraten die Geschiebe zuweilen von cylindrischen Löchern durchbohrt sind, welche wahrscheinlich von Bohrmuscheln herrühren. Diess ist z. B. mit den meisten Geschieben eines tertiären Conglomerates bei Chambéry der Fall, welche dergleichen Löcher von einigen Centimetern Tiefe und ½ Centimeter Weite zeigen. *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série, I, p.* 732.

steht. Leopold von Buch gab im Jahre 1806 eine treffliche Schilderung von schwarzen Bimssteinbomben, welche in den Tuffschichten unweit Rom, am Wege vom Ponte Molle nach dem Soracte, in grosser Menge vorkommen*), und die erwähnte Structur auf eine höchst ausgezeichnete Weise besitzen. Clarke beobachtete die ähnliche Structur in den Lavabomben des Vesuv**), Bory St. Vincent in denen der Insel Bourbon, und Darwin beschrieb sie sehr genau von den Bomben der Insel Ascension; auch erwähnt der Letztere Obsidianbomben mit ringförmigen parallelen Riefen, dergleichen schon früher von Beudant beschrieben worden sind***).

Die meisten Auswürflinge ballen sich jedoch nicht zu solchen sphäroidischen Massen, sondern nehmen während ihrer raschen Erstarrung ganz unregelmässige, gewundene und verdrehte Gestalten an, wie man sie an Schlackenstücken zu sehen gewohnt ist, daher sie denn auch am zweckmässigsten mit diesem Namen belegt werden.

§. 150. *Formen und Structuren der accessorischen Bestandmassen.*

Weil gewisse Structur-Verhältnisse der Gesteine von denen in ihnen auftretenden accessorischen Bestandmassen abhängig sind, so dürfte sich hier ein schicklicher Ort für die Beschreibung dieser Massen darbieten.

Die accessorischen Bestandmassen der Gesteine lassen sich auf zweierlei verschiedene Hauptformen zurückführen, welche wir nach ihrer Entstehungsweise als Concretionsformen und als Secretionsformen unterscheiden können.

Concretionen nennen wir alle diejenigen Massen, welche sich innerhalb eines Gesteins durch Concentration eines von ihm verschiedenen Minerales oder Mineral-Aggregates gebildet haben. Das Material der Concretionen ist in der Regel specifisch, selten nur als Varietät verschieden von der sie umgebenden Gesteinsmasse†); im ersteren Falle pflegen die Concretionen sehr scharf begränzt und deutlich contourirt zu sein, wogegen im zweiten Falle ihre Contoure bisweilen

*) Geognostische Beob. auf Reisen u. s. w., II, S. 51 ff.

**) Gilberts Annalen der Physik, Bd. 63, 1819, S. 59.

***) *Darwin*, *Geol. obs. on volcanic islands*, *p*. 36. Auch Stockes erwähnt Bomben, welche um ihre Mitte eine knotige Wulst, gleichsam eine aequatoriale Anschwellung zeigen. Neues Jahrb. der Min., 1836, S. 80.

†) Es ist sehr schwer, eine scharfe Gränze zwischen der kuglichen Concretion und der kuglichen Gesteinsform zu ziehen, weil diese letztere gleichfalls in einer theilweisen concretionären Bildung begründet ist. Der Unterschied lässt sich nur darauf gründen, dass die Kugel und das sie umgebende Gestein bei der Gesteinsform wesentlich (d. h. nach Species und Varietät) einerlei, bei der Concretion dagegen, wenigstens der Varietät nach, auffallend verschieden sind.

sehr undeutlich und gleichsam verwaschen sind, so dass sie erst bei der Verwitterung oder Zersetzung des Gesteins recht sichtbar hervortreten. (Beispiele der ersten Art: Eisenkies-Nieren im Schieferthon, Feuersteinknollen in der Kreide; Beispiel der zweiten Art: Hornsteinnester im Sandstein.)

Die meisten Concretionen zeigen eine mehr oder weniger auffallende Annäherung zur Kugelform, und sehr viele von denjenigen Kugeln, welche gewöhnlich als Absonderungsformen beschrieben werden, sind wohl richtiger als Concretionsformen zu betrachten *). Durch Gruppirung mehrer solcher sphäroidischen Gestalten entstehen mancherlei zusammengesetzte Formen. Seltener finden sich plattenförmige, und am seltensten cylindrische Concretionen. Bei der sphäroidischen Concretion fand die Zusammenziehung der Substanz rings um einen Punct, bei der cylindrischen Concretion ringsum eine Linie, und bei der plattenförmigen Concretion von beiden Seiten her nach einer Fläche Statt. Sehr häufig war es ein in der Gesteinsmasse eingeschlossener fremdartiger Körper, zumal ein organischer Körper, welcher die Entstehung der Concretion bedingte, und daher in der Mitte derselben noch jetzt bemerkbar ist.

Die Concretionen werden theils von krystallinischen, theils von porodinen Mineralien gebildet. Bei den krystallinischen Concretionen ist gar nicht selten eine radial-stängliche oder radial-fasrige, zuweilen auch eine concentrisch schalige Structur zu beobachten; die freien Enden oder Spitzen der Krystalle sind aber allemal nach a u s s e n gewendet, was einen wesentlichen Unterschied zwischen den Concretions- und Secretions-Bildungen begründet, bei welchen letzteren die Krystallspitzen stets nach innen gewendet sind. Jede Concretion entwickelte sich von innen nach aussen, jede Secretion von aussen nach innen; und diese entgegengesetzte Richtung giebt sich in der S t e l l u n g der sie zusammensetzenden Individuen auf das Bestimmteste zu erkennen. Die Concretionen sind daher als e x o g e n e Bildungen charakterisirt.

Die meisten Concretionen erscheinen in ihrer Mitte compact und stetig ausgedehnt. Indessen giebt es doch einige, welche nach Innen z e r b o r s t e n sind, und daher in ihrer Mitte eine eigenthümlich geformte Höhlung umschliessen, während die zunächst angränzenden Theile eine

*) Viele recht gute hierher gehörige Bemerkungen finden sich in der Schrift von R o t h : Die Kugelform im Mineralreiche, und deren Einfluss auf die Absonderungsgestalten der Gesteine, Dresden 1844. Mit manchen Ansichten des Verf. können wir uns jedoch durchaus nicht einverstanden erklären.

unregelmässige Zerklüftung zeigen. Ja, manche Concretionen wurden, wahrscheinlich bei ihrer Austrocknung und endlichen Erhärtung, nach allen Richtungen von Spalten durchrissen, welche später mit Kalkspath oder einem anderen krystallinischen Minerale ausgefüllt wurden, so dass die Concretion selbst von einem regellosen Netze solcher Kalkspathadern durchschwärmt wird. Bei einigen fand die Contraction in der Weise Statt, dass sich die innere Masse von der äusseren absonderte, und gleichsam wie ein loser Kern in einer Schale steckt.

Von den mancherlei besonderen Arten der Concretionsformen sind folgende die wichtigsten.

1) Krystallgruppen; sie bestehen aus vielen Krystallen eines und desselben Minerals, welche sich alle gegen einen oder einige wenige in der Mitte gelegene Puncte stützen, während sie nach aussen hin frei ausgebildet sind. Gyps und Eisenkies in Thon und Mergel; Kalkspath mit Sand gemengt im Sande von Fontainebleau.

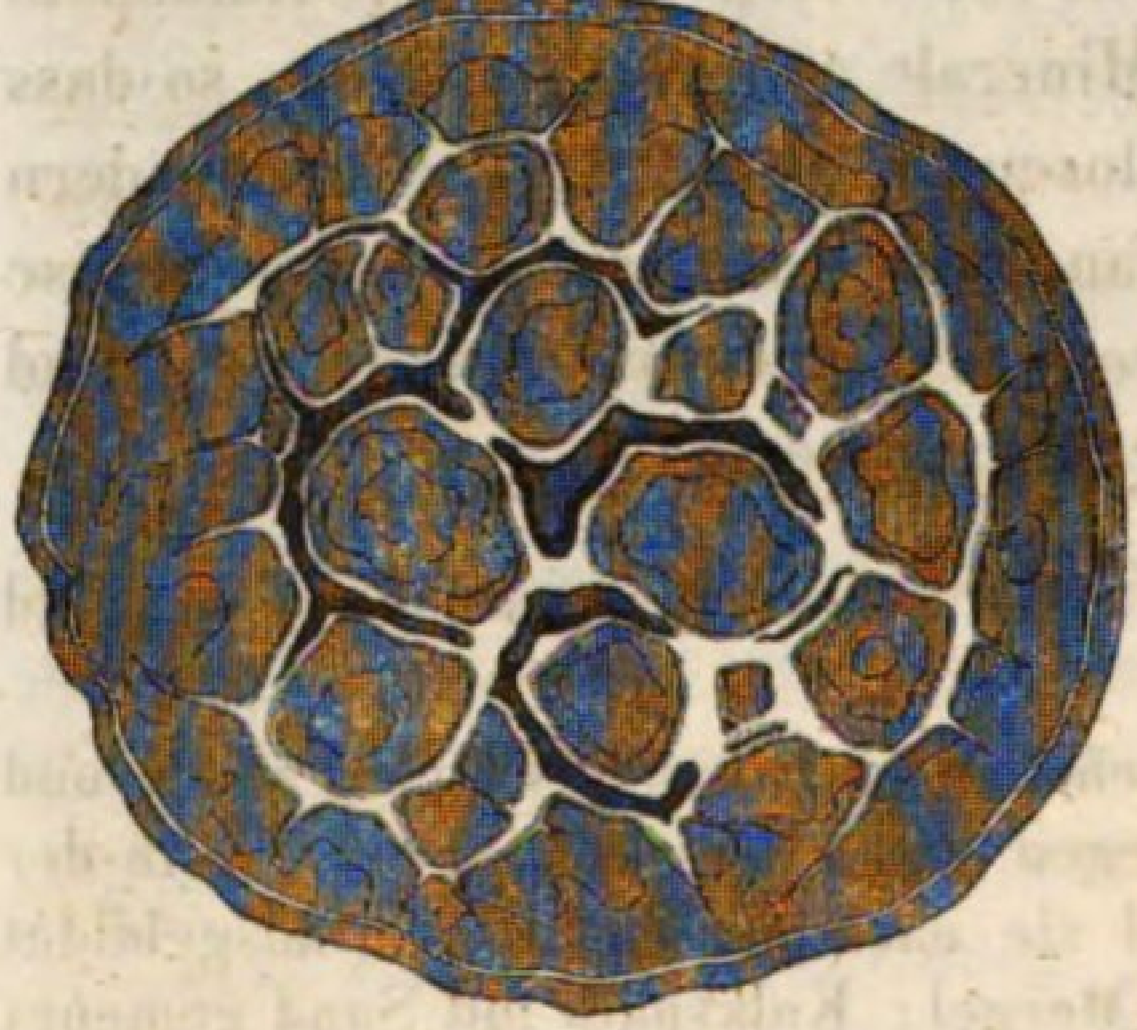
2) Kugeln oder sphäroidische Concretionen; sie schliessen sich an die Krystallgruppen an, wenn sie aus grösseren Individuen bestehen, welche nach aussen in freie Krystallspitzen auslaufen, und sind dann häufig mit concentrisch strahliger oder fasriger, bisweilen auch mit concentrisch schaliger Structur versehen. Kugeln von Eisenkies, Kalkspath, Gyps in verschiedenen Gesteinen *). Bei feinkörniger und dichter Zusammensetzung geht diese Structur verloren, oder giebt sich nur noch durch eine mehr oder weniger regelmässige concentrische Farbenzeichnung zu erkennen. Jaspiskugeln, Hornsteinkugeln, die sogenannten *chailles*, nuss- bis kopfgrosse Kugeln von kieseligem Kalkstein, welche nach Thirria und Thurmann in gewissen Thon- und Mergelschichten des Jura vorkommen.

3) Traubige und nierförmige Concretionen; entstehen aus der Verbindung vieler, nur theilweise ausgebildeter sphäroidischer Concretionen. Eisenkies im Schieferthon, Braunspath im Dolomit von Sunderland, Eisennieren in Thon- und Sandmassen, (bisweilen als sogen. Klappersteine ausgebildet).

4) Lenticulare Concretionen; sind flach ellipsoidische, linsenförmig oder brodförmig gestaltete Nieren, von einigen Zollen bis mehren Fuss Durchmesser, und kommen besonders häufig an den kleinen Massen von merglichem Kalkstein und thonigem Sphärosiderit vor, welche im Thone oder Schieferthone zur Ausbildung gelangt sind. Sie haben gewöhnlich eine feinkörnige bis dichte Zusammensetzung, sind aber sehr häufig nach Innen regellos zer-

*) Interessant sind die Kalkspathkugeln, welche Saussure als ein *phénomène très extraordinaire* von der Montagne des Oiseaux bei Hyères unweit Toulon beschreibt. Sie haben 2 Zoll bis 3 Fuss im Durchmesser, bestehen aus honiggelbem Kalkspath, sind zugleich radial-stänglich und concentrisch-schalig abgesondert, und setzen den oberen Theil des Berges allein zusammen, während sie nach unten einzeln in dichtem Kalkstein stecken. *Voyage dans les Alpes*, §. 1477.

borsten und zerklüftet, und zeigen dann auf den Wänden dieser Klüfte Krystalle mancher Mineralien, besonders auch von Schwefelmetallen (Bleiglanz, Eisenkies, Zinkblende); oder die Klüfte sind gänzlich oder grösstentheils mit Kalkspath, Braunspath u. a. Mineralien ausgefüllt, weshalb sie im Querschnitte einer solchen Concretion ein förmliches Netz von anastomosirenden, nach aussen hin sich verschmälernden und ausspitzenden Adern darstellten, wie es die beistehende Figur zeigt. Bei einer solchen inneren Structur werden die Lenticularmassen Septarien genannt. Oft hat ein organischer Körper die erste Veranlassung zur Bildung dieser lenticularen oder ellipsoidischen Concretionen gegeben, daher man nicht selten die Ueberreste desselben im Innern vorfindet.

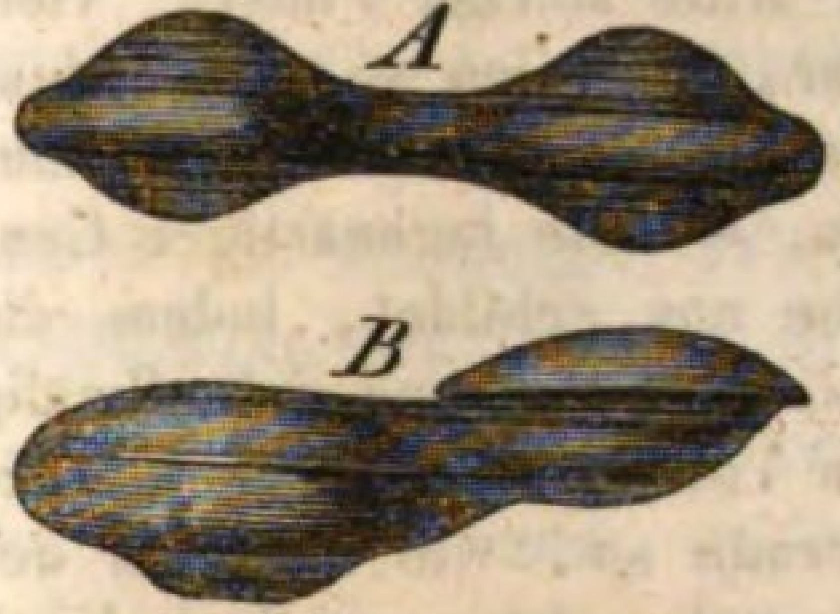


5) Knollige Concretionen; sind rundliche, mit mancherlei unregelmässigen Protuberanzen versehene Concretionen, welche in ihrer besonderen Gestalt ausserordentlich viele Verschiedenheiten zeigen, und theils von krystallinischen, theils von porodinen Mineralien gebildet werden. Eisenkies in Thon und Mergel; Mergliche Concretionen im Löss oder Lehm (sogenannte Lösskindchen), welche nicht selten im Innern hohl und zerborsten sind; die sogenannten Kunkurs, zoll- bis fussgrosse Kalkconcretionen, welche im Alluvialboden Vorder-Indiens, besonders von Dekan, in ungeheurer Menge vorkommen, und dort das einzige Material zum Kalkmörtel liefern; ähnliche Concretionen finden sich nach Russegger in den alten Schlamm-Ablagerungen des oberen Nilthales, am blauen Flusse*); sehr ausgezeichnete Beispiele von Knollen liefert auch der Feuerstein in der Kreide, der Menilit im Klebschiefer. — Manche knollige Bildungen lassen sich als Aggregate von zwei, drei oder mehren sphäroidischen Concretionen betrachten, welche mit ihren Contouren mehr oder weniger in einander verfliessen. Dahin gehören die nach Ehrenberg, bei Denderah in Aegypten, in grosser Menge vorkommenden Augen- und Brillensteine, runde oder platte Knollen mit concentrischen Wülsten oder Ringen, welche oft zu zweien mit einander verwachsen sind, und dann Doppelkugeln, Doppelnieren u. a. Formen darstellen, welche Ehrenberg unter dem Namen Morpholithen zusammenfasst**). An diese Morpholithe

*) Neues Jahrbuch für Min., 1838, S. 300. Ueber die Kunkurs vergl. besonders *Sykes*, in *Trans. of the geol. soc.*, 2. *series*, *vol. IV*, 1836, *p.* 420; *Malcolmson, ibid. vol. V*, 1840, *p.* 546, und *Newbold*, in *The Edinb. new phil. Journ.*, *vol.* 40, 1846, *p.* 205.

**) Berichte der Berliner Akademie, 1840; und daraus im Neuen Jahrbuch für Min., 1840, S. 679 ff.; Ehrenberg schlägt auch für diese Morpholithe den Namen Krystalloide vor, welcher aber ganz unpassend ist, da diese Gebilde mit Krystallen auch gar nichts gemein haben.

schliessen sich die von Wilander, in einem blauen Thonlager bei Tunaberg in Schweden gefundenen und ganz ähnlich gestalteten Mergelknollen an, welche an die von Wallerius und Linné beschriebenen sog. Malrekor aus anderen Gegenden Schwedens erinnern. Mit Ehrenbergs Brillensteinen dürften auch die von Macculloch, aus dem thonigen Kalksteine der Insel Sky, erwähnten abgeplatteten Sphäroide übereinstimmen, welche paarweise durch einen cylindrischen Stiel verbunden sind*). Endlich gehören auch zu den knolligen Concretionen oder Morpholithen die vielfach besprochenen **Imatrasteine**, runde, scheibenförmige Mergelknollen, welche auf ihrer Oberfläche parallele, ringförmig verlaufende Furchen und Riefen zeigen, die der Schichtung des Gesteins entsprechen, in welchem sie vorkommen. Diese abgeplatteten Knollen sind bisweilen zu zweien, dreien und mehren seitlich mit einander verwachsen, in welchem Falle sie von Parrot als ditype, tritype Bildungen u. s. w. unterschieden werden. Die beistehende Figur zeigt im verkleinerten Maassstabe das Bild zweier solcher ditypen Imatrasteine.



Sie kommen in Finnland, am Imatrafalle des Voxa (des Verbindungsflusses zwischen dem Saima- und Ladoga-See) vor, bestehen fast zur Hälfte aus kohlensaurem Kalk, ausserdem aus Sand und Thon, und haben sich innerhalb eines grauen sandigen Schieferthons durch Concentration des Kalkes gebildet. Ihre Form und der Umstand, dass sie bisweilen unmittelbar auf Blöcken von Granit oder Gneiss aufsitzen, veranlassten Parrot zu der seltsamen Ansicht, sie für versteinerte weiche Thiere zu erklären, deren Bestimmung er den Zoologen überlässt; eine Ansicht, gegen welche sich Virlet d'Aoust mit Recht ausspricht, indem er die schon von E. Hoffmann und von Ehrenberg aufgestellte Erklärung für die einzig richtige hält, dass die Imatrasteine blose Concretionsformen sind**).

6) **Ungestaltete** Concretionen; sie haben ganz regellose, gewöhnlich krummflächig contourirte Formen, welche sich noch am meisten den knolligen Concretionen nähern.

7) **Plattenförmige** Concretionen; von zwei parallelen, theils ebenen, theils gebogenen oder undulirten Flächen begränzte Concretionen, welche sich an ihren Rändern auskeilen. Sie haben sich entweder nur von **einer** oder zugleich von **beiden** ihren Begränzungsflächen aus entwickelt, und können danach als **lagen**artige und als **trümer**artige***) Concretionsplatten unterschie-

*) *Macculloch, System of Geology, I,* 1831, *p.* 178.

**) Hoffmann, Geognostische Beob. auf einer Reise von Dorpat nach Åbo, 1837. Ehrenberg in der vorher angeführten Abhandlung; *Parrot,* im *Bulletin de l'Ac. Imp. de St. Petersb.*, 1839, *VI*, *p.* 183, und daraus ein Auszug im Neuen Jahrb. für Min., 1840, S. 714 ff.; eine Zusammenstellung der Ansichten Hoffmanns, Ehrenbergs und Parrots gab Erman im Archiv für die wissenschaftl. Kenntniss Russlands, I, 1841, S. 534 f.; die Bemerkungen von *Virlet* stehen im *Bull. de la soc. géol.,* 2. *série*, *t. II*, *p.* 219 und *t. IV*, *p.* 27.

***) Nach dem, in der Sprache des teutschen Bergmanns gebräuchlichen Worte Trum, im Plural Trümer; (nicht Trümmer).

den werden; im letzteren Falle lassen sie eine symmetrische Zusammensetzung aus zwei einander correspondirenden Hälften erkennen, deren Demarcationslinie im Querbruche der Platte sehr deutlich hervortritt. Diese trümerartigen Concretionen sind von den ähnlichen, durch Secretion gebildeten Formen schwer zu unterscheiden, mit welchen sie auch ihrer ganzen Entstehungsweise nach sehr nahe verwandt sind. Beide haben sich nämlich auf einer Spalte des sie umschliessenden Gesteins gebildet; bei denen durch Concretion gebildeten Platten war aber diese Spalte anfangs geschlossen, und ist erst allmälig, durch den von beiden Seitenwänden aus erfolgten Absatz der krystallinischen Substanz und den dadurch nach aussen hin ausgeübten Druck erweitert worden; die innersten Theile des Trums sind daher zuerst angeschossen, und durch die von den Seitenwänden nachträglich anschiessenden Theile nach der Mitte hin gedrängt worden. Daher sieht man auch niemals freie Krystallspitzen in der Mitte solcher Platten; vielmehr stämmen sich dort die Individuen an einander, bisweilen so stark, dass sie gebogen und gestaucht sind. Bei den Secretionstrümern verhält sich Alles umgekehrt, wie wir im nächsten §. sehen werden. — Die lagenartigen Concretionsplatten haben sich von ihrer Unterfläche aus gebildet, indem die krystallinische Substanz von dort aus zum Anschuss gelangte, und sich allmälig weiter entwickelte, wodurch die zuerst gebildeten Theile, eben so wie die sie etwa bedeckenden Massen gehoben wurden; gerade so, wie zuweilen der Frost aus feuchtem sandigen Boden fasrige Eisplatten hervortreibt, durch welche die obersten Sand- und Grustheile aufwärts gedrängt werden*). Fasergyps, Faserkalk, fasriges Steinsalz liefern häufige Beispiele dieser Bildungen.

8) Pseudofragmentare Concretionen. Sie sehen aus, wie mehr oder weniger scharfkantige Fragmente, ohne doch dergleichen zu sein. Solche Concretionen kommen nicht selten im Granit, Syenit und in anderen krystallinischen Silicatgesteinen vor, und sind bisweilen ganz falsch beurtheilt worden, indem man sie wirklich für das nahm, was sie zu sein scheinen.

*) Fournet gab in der Abhandlung über die Erzlagerstätten, welche einen Theil des dritten Bandes von *Burat's Traité de Géognosie* (1835) bildet, S. 417 ff. eine sehr gute Darstellung der Bildung dieser Trümer und erläuterte solche durch die erwähnten fasrigen Eisplatten, welche zuweilen bis 1 Fuss mächtig werden, sich auch wohl zu mehren über einander ausbilden, so dass abwechselnd Eisplatten und dünne Erdlagen verbunden sind; eine Erscheinung, welche in der Auvergne mit dem Namen *herbe de glace* bezeichnet wird. Die Existenz einer mittleren Trennungsfläche in den fasrigen Trümern ist auch schon früher von *Beudant* hervorgehoben und als ein Beweis erkannt worden, *que ces veines se sont remplies par une exsudation des deux parois de la roche, d'où il est résulté deux plans d'excroissance, qui se sont joints vers le milieu de la fissure. Voyage min. et géol. en Hongrie, II,* 1822, *p.* 97. Vortreffliche Bemerkungen über diese Trümerbildung, so wie Erläuterungen und Abbildungen der schon früher (*Journal des mines, Nr.* 137, *p.* 345 f.) von Brochant beschriebenen Faserkalktrümer im Schiefer von Moutiers gab v. Weissenbach in Gangstudien, herausgeg. von Cotta, Heft I, S. 66 f.

§. 151. *Fortsetzung; Secretionsformen.*

Die Secretionsbildungen setzen allemal einen hohlen Raum voraus, innerhalb dessen sie dadurch zur Ausbildung gelangt sind, dass entweder Ausscheidungen aus der Masse des umgebenden Gesteins, oder Infiltrationen Statt fanden, wobei jedoch der Absatz der Substanzen und folglich die Entwickelung des ganzen Gebildes stets von aussen nach innen fortgeschritten ist. Die hohlen Räume selbst waren entweder Blasenräume, hervorgebracht durch den Druck eingeschlossener Gase oder Dämpfe; oder Spaltenräume, hervorgebracht durch innere Contractionen und Zerklüftungen des Gesteins während seiner Erstarrung und Verfestung; oder auch ganz unregelmässig gestaltete Cavitäten von theils rundlichen, theils eckigen Contouren, welche wahrscheinlich durch die vereinigte Wirkung von Gasentwicklungen und inneren Zerklüftungen entstanden sind.

Die Blasenräume erscheinen von sehr verschiedener Form und Grösse; kugelrund, sphäroidisch, ellipsoidisch, mandelförmig, birnförmig, kolbig, schlauchförmig, cylindrisch, schotenförmig breitgedrückt, bisweilen bis zur Berührung der Wände, oder auch nur am einen Ende keilförmig zugeschärft, am entgegengesetzten Ende gewölbt*), auch wohl mit ein- und ausspringenden Ecken versehen, wodurch sie endlich in unregelmässige Cavitäten übergehen. Ihr Durchmesser schwankt von einigen Linien bis zu vielen Zollen, und erreicht in einzelnen Fällen sogar mehre Fuss. Die Spaltenräume sind theils ebenflächig, theils krummflächig gestaltet, papierdünn bis viele Zoll weit, haben aber gewöhnlich nur eine Längenausdehnung von einigen Fuss, und keilen sich endlich aus.

Die Mineral-Aggregate, welche in diesen Räumen als Secretionen zur Ausbildung gelangten, sind in der Regel krystallinisch, ja oft, und namentlich in dem innersten Theile des Raumes, vollkommen auskrystallisirt, so dass diese Räume als die eigentliche Heimath der schönsten krystallisirten Varietäten gewisser Mineralspecies gelten müssen. Die Krystallspitzen sind aber dann stets nach Innen gekehrt, und diese Stellung der Individuen bildet eines der wesentlichsten Unterschei-

*) Auf diese merkwürdige Form, welche zuerst von Lasius (Beobachtungen über das Harzgebirge, I, S. 261) an den Mandeln des Netzberges bei Ilefeld erkannt und sehr genau beschrieben worden ist, hat Leopold von Buch später wiederum aufmerksam gemacht und gezeigt, wie bedeutsam auch die Lage derselben ist. Leonhards Mineralogisches Taschenbuch für 1824, I, S. 481.

dungs-Merkmale der Secretionsformen von den Concretionsformen, welche beide bisweilen eine grosse Aehnlichkeit der äusseren Gestalt besitzen. Die Secretionsbildungen werden durch dieses Merkmal ganz entschieden als esogene, d. h. als von aussen nach innen fortgeschrittene Bildungen charakterisirt. Bisweilen finden sich auch porodine Mineralien als Secretionsgebilde; so z.B. Opal, Steinmark und andere wasserhaltige Silicate. Ueberhaupt aber lassen diese Bildungen oft eine grosse Manchfaltigkeit ihrer Zusammensetzung erkennen, indem sie von zwei oder mehren verschiedenen Mineralspecies, oder doch von auffallend verschiedenen Varietäten einer und derselben Species gebildet werden; ein Verhältniss, welches bei den Concretionen in der Regel nicht vorzukommen pflegt. Endlich umschliessen die Secretionsbildungen sehr häufig im Innern einen leeren (d. h. nur mit Luft erfüllten) Raum, in welchen die freien Krystallspitzen, oder die stalaktitischen, traubigen und nierförmigen Aggregationsformen des zuletzt gebildeten Minerals hineinragen; was gleichfalls bei den Concretionsformen nicht der Fall ist*).

Die wichtigsten Arten von Secretionsformen sind aber etwa folgende:

1) Mandeln; so nennt man im Allgemeinen die Ausfüllungen der kleineren Blasenräume, zumal wenn sie im Innern nicht hohl sind, sondern den ganzen Raum stetig erfüllen; doch kommen auch öfters hohle Mandeln vor, welche endlich in blosse Ueberzüge, Krusten und kleine Drusen der Blasenraumswände übergehen. Alle diese Bildungen sind aber in der Regel von der umgebenden Gesteinsmasse scharf abgesondert, ja nicht selten durch eine förmliche Schale von ihr getrennt. Nach ihrer Zusammensetzung und Structur sind besonders zu unterscheiden:

a) Compacte Mandeln; sie werden von einem einzigen Minerale gebildet, welches den ganzen Blasenraum stetig erfüllt, ohne eine Abtheilung in concentrisch-schalige Lagen erkennen zu lassen; Mandeln von Kalkspath, Quarz, Steinmark. Doch ist bisweilen an der Peripherie der Mandel noch eine andere Mineralsubstanz abgelagert, welche sie wie eine Schale umschliesst; die Kalkspathmandeln dieser Art zeigen nicht selten die Merkwürdigkeit, dass sie aus einem einzigen Individuum bestehen, dessen Spaltungsflächen durch die ganze Mandel verfolgt werden können. Uebrigens dürfen diese Mandeln nicht mit den, ihnen oft ziemlich ähnlichen rundkörnigen Concretionen und Gemengtheilen verwechselt werden.

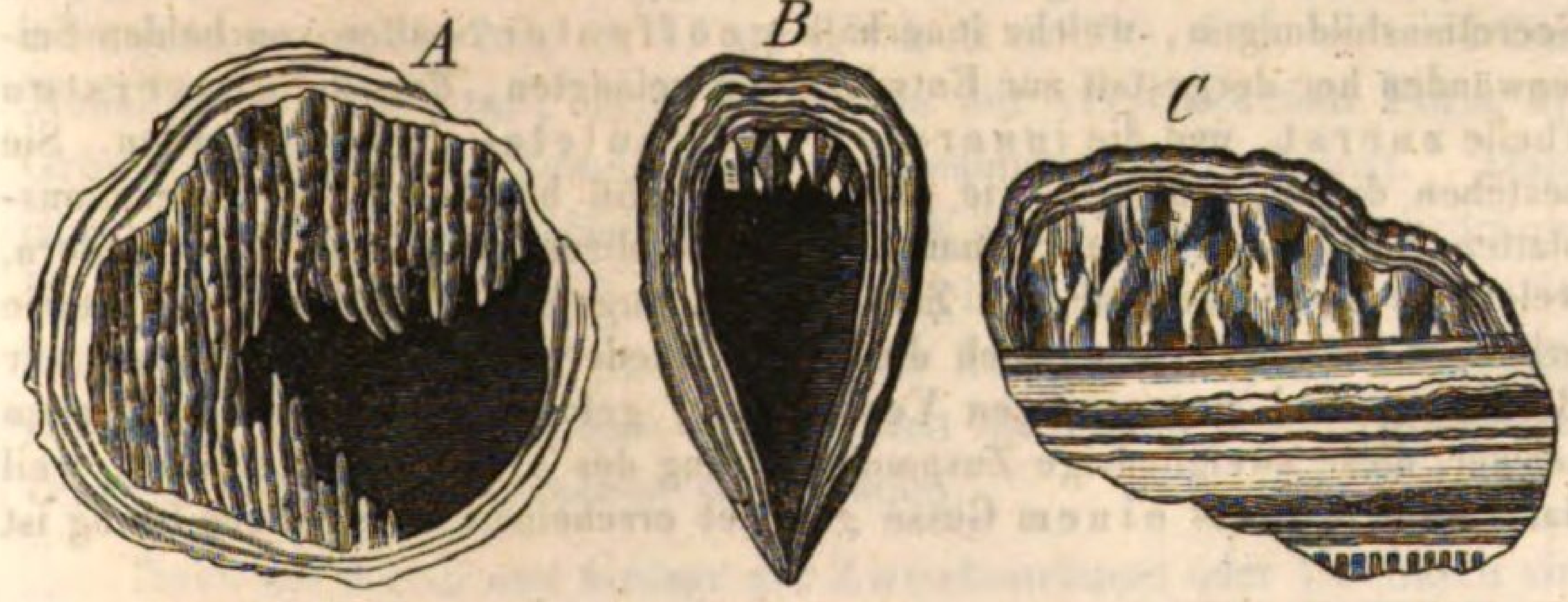
b) Concentrisch-schalige Mandeln; ein einziges Mineral oder auch mehre verschiedene Mineralien erfüllen den Blasenraum der-

*) Die inneren hohlen Räume der Septarien und anderer Concretionsformen unterliegen natürlich einer ganz anderen Beurtheilung. Sind sie mit Krystallen oder stalaktitischen Formen besetzt, so gehören diese eigentlich nicht der Concretion als solcher an, sondern sind das Product von Infiltrationen; daher in dergleichen Fällen zweierlei ganz verschiedene Bildungen mit einander verbunden sind.

gestalt, dass eine Abtheilung in mehre concentrische Lagen zu erkennen ist, was auf eine successive Repetition des Ausfüllungsprocesses schliessen lässt. Die einzelnen Lagen sind oft radialfasrig zusammengesetzt, zeigen auch nicht selten eine fein nierförmige Oberfläche. Der mittlere Theil der Mandel wird bisweilen von einem einzigen Minerale gebildet, welches seinen Raum stetig, also ohne lagenweise Abtheilung erfüllt; auch ist er oft leer geblieben.

2) Geoden; so nennt man die Ausfüllungen der grösseren (ei- bis kopfgrossen) Blasenräume, zumal wenn sie im Innern noch hohl sind, und daselbst mit Krystalldrusen oder Stalaktitendrusen endigen. Der Unterschied zwischen Mandeln und Geoden ist daher ziemlich unbestimmt.

Diese Geoden zeigen mancherlei interessante Structur-Verhältnisse. Nach aussen bestehen sie gewöhnlich aus einem Systeme von concentrischen Lagen, meist verschiedener Varietäten der Species Quarz, von mikrokrystallinischer und kryptokrystallinischer Zusammensetzung, welche die innere Wand des Blasenraumes stetig auskleiden, und eine mehr oder weniger dicke Schale bilden. Dabei sieht man bisweilen, wie sich alle diese concentrischen Lagen an einer Stelle gegen den Rand der Geode nach aussen hin umbiegen und in einem Puncte der Peripherie vereinigen, gleichsam als habe die Infiltration der Masse von diesem Puncte aus Statt gefunden, daher er auch gewöhnlich der Infiltrationspunct genannt wird*). Manche Geoden zeigen aber auch noch, entweder innerhalb oder ausserhalb des concentrisch-schaligen Lagensystems, ein System von transversalen, ebenen und parallelen Lagen, welches sich ursprünglich allemal in horizontaler Richtung ausgebildet haben muss, wenn es auch gegenwärtig eine andere Stellung besitzen sollte.



Die beistehende Figur *C* zeigt den Querschnitt einer solchen Geode vom Berge Kinnoul in Pertshire**).

*) Ob er aber wirklich als solcher zu betrachten sei, darüber sind die Meinungen getheilt. Mohs (die ersten Begriffe der Min. u. Geogn., II, 18) bezweifelt es, und Fournet erklärt diese Convergenz aller Lagen gegen einen Punct durch die Annahme, dass die Geode im noch zähflüssigen Zustande einen Druck oder eine Quetschung erlitten habe, wodurch die Lagen an einander und zum Theil nach aussen gepresst wurden.

**) Nach *Macculloch*, *Trans. of the geol. soc.*, *vol. IV*, *p.* 225. Mac-Donnel versicherte Buckland, dass die ganz ähnlich gebildeten Geoden vom Riesendamme in

Der noch übrige Raum der Geoden enthält nun entweder krystallisirte oder stalaktitische Aggregate, ist also gewöhnlich als eine Druse, und zwar entweder als Krystalldruse oder als Stalaktitendruse ausgebildet. Im ersteren Falle sitzen oft noch auf dem innersten krystallisirten Aggregate einzelne Krystalle ganz anderer Mineralspecies auf, welche gewöhnlich sehr vollkommen ausgebildet sind. In den Stalaktitendrusen aber sind entweder nur nierförmige und traubige, oder auch cylindrische, zapfenförmige und keulenförmige Gestalten zur Ausbildung gelangt, welche letztere sich allemal ursprünglich in verticaler Richtung ausgebildet haben müssen. In Figur *A* ist der Querschnitt einer Geode vom Berge Kinnoul dargestellt, welche sowohl Stalaktiten als Stalagmiten enthält, während Figur *B* eine Mandel zeigt, die nach unten zugespitzt und nur in ihrem oberen Theile mit Krystallen versehen ist.

3) Ungestaltete Secretionen oder Nester; sind krystallinische oder auch in Drusen auskrystallisirte Aggregate, welche in ganz regellos gestalteten Cavitäten des sie umschliessenden Gesteins zur Ausbildung gelangten. Sie unterscheiden sich von den Mandeln und Geoden nicht nur durch ihre ganz unregelmässige, oft eckige und winklige Form, sondern auch dadurch, dass ihre Contoure nicht immer scharf ausgeprägt sind, und keine so bestimmte Absonderung von der Gesteinsmasse erkennen lassen, wie diess bei den Geoden in der Regel der Fall zu sein pflegt. Je mehr sich ihre Form abrundet, je näher sie jener der Blasenräume kommt, um so ähnlicher werden diese Nester und ungestalteten Drusen den Geoden, so dass es allerdinds Uebergänge aus der einen Form in die andere giebt. Auch porodine Mineralien, z. B. Opal, Steinmark u. a. bilden bisweilen Nester.

4) Plattenförmige Secretionen, oder Trümer und Adern; sind Secretionsbildungen, welche innerhalb geöffneter Spalten von beiden Seitenwänden her dergestalt zur Entwickelung gelangten, dass die äussersten Theile zuerst, und die innersten Theile zuletzt abgesetzt wurden. Sie bestehen daher, eben so wie die oben S. 456 beschriebenen Concretionsplatten, allemal aus zwei, einander correspondirenden Hälften oder Gliedern, welche in ihrer Structur und Zusammensetzung eine auffallende Symmetrie erkennen lassen; wenn jedoch die beiden Glieder in der Mitte der Spalte zur Berührung und gegenseitigen Verwachsung gelangten, so ist es bisweilen schwer, diese zweigliedrige Zusammensetzung des Trums wahrzunehmen, weil dann Alles wie aus einem Gusse gebildet erscheinen kann. Sehr häufig ist

Irland allemal so in dem dortigen Basalte sitzen, dass diese ebenen Lagensysteme horizontal liegen. Dasselbe beobachtete Leopold von Buch; und damit dürfte denn die Ansicht Fournet's völlig widerlegt sein, dass die Achatgeoden schon fertig gebildet waren, als das Gestein zur Eruption gelangte. (*Mém. sur la Géologie de la Partie des Alpes*, *comprise entre le Valais et l'Oisans*, 2. *partie*, *p.* 59). Leopold von Buch macht noch auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam, dass dergleichen Mandeln oder Geoden mit horizontalen Lagen in Teutschland und Frankreich fast gar nicht bekannt sind, während sie in Irland, Schottland und Island sehr gewöhnlich vorkommen. (Leonhard's Mineralogisches Taschenbuch für 1824, S. 483.)

aber der mittlere Theil des Spaltenraumes unausgefüllt geblieben, und dann wird man diese Trümer niemals mit den ihnen so ähnlichen Concretions-Trümern verwechseln können.

In der Regel bestehen sie aus krystallinischen Bildungen; entweder aus deutlichen Krystallen, oder aus körnigen. stänglichen und fasrigen Individuen, deren Spitzen oder Köpfe einander entgegen gewendet sind, was allemal sehr deutlich zu erkennen ist, wenn der Spaltenraum nicht gänzlich ausgefüllt wurde, weil dann diese Spitzen in freie Krystall-Enden auslaufen; fand dagegen eine gänzliche Ausfüllung Statt, so verschwindet auch diese sehr charakteristische Erscheinung. Dass übrigens auch diese Trümer nicht sehr weit fortsetzen können, dass sie gewöhnlich um so kürzer sind, je geringer ihre Breite ist, und dass sie mit einer Auskeilung endigen müssen, diess folgt schon aus ihrer ganzen Entstehungsweise in Spalten des Gesteins. Sie zeigen in allen ihren Verhältnissen eine grosse Analogie mit den Erzgängen. Kalkspath, Quarz, Amethyst, Chalcedon erscheinen sehr häufig in der Form solcher Trümer und Adern.

§. 152. *Compacte und porose, feste und lose Gesteine.*

Wenn die Masse eines Gesteins ihren Raum stetig erfüllt, ohne dass irgendwo sichtbare Porositäten oder Cavitäten vorhanden sind, so nennen wir ein solches Gestein ein compactes Gestein. Erfüllt sie dagegen ihren Raum unstetig, enthält sie kleinere oder grössere Zwischenräume, welche leer (d. h. nur mit Luft erfüllt) sind, so wird diese Modalität der Structur, nach Maassgabe der verschiedenen Form und Grösse der Zwischenräume, mit verschiedenen Namen belegt. Dabei ist aber auch auf die Beschaffenheit der Wände dieser Zwischenräume Rücksicht zu nehmen, welche entweder glatt oder rauh, oder zerfressen, oder drusig, d. h. mit den frei herausragenden Krystall-Enden der Individuen besetzt, oder endlich mit einem Ueberzuge von verschiedener Natur versehen sein können.

Nach der Form und Grösse der Zwischenräume oder Cavitäten sind besonders folgende Unterschiede der Structur geltend zu machen:

1) Porose Structur; die Zwischenräume sind sehr klein, gleichmässig vertheilt und entweder punctförmig oder auch ganz unregelmässig gestaltet, mit rauhen, zerfressenen oder drusigen Wänden; Dolomit, manche Trachyte, Sandsteine.

2) Zellige Structur; die Cavitäten sind grösser, regellos gestaltet, doch nicht rund, sondern mehr oder weniger ebenflächig begränzt, mit rauhen, zerfressenen oder drusigen Wänden; mancher Süsswasserquarz.

3) Cavernose Structur; die Cavitäten sind noch grösser, zoll- bis fussgross und darüber, ganz unregelmässig gestaltet, und mit rauhen, zerfressenen oder drusigen Wänden versehen, sehr häufig auch mit einer losen sandähnlichen Masse gänzlich oder theilweise ausgefüllt. Dolomit, Rauchwacke.

4) Tubulose Structur; die Cavitäten sind röhrenförmig, gerade oder gewunden, und in der Regel ziemlich parallel, mit glatten oder rauhen Wänden; limnische*) Quarzite und Kalksteine.

5) Blasige oder vesiculose Structur; die Cavitäten sind kuglich, ellipsoidisch, schlauchförmig, überhaupt als Blasenräume von der verschiedensten Form ausgebildet, stets krummflächig begränzt, und mit glatten oder rauhen Wänden versehen; Lava, Mandelsteine an der verwitterten Oberfläche. Bisweilen nehmen die Blasenräume dermaassen überhand, dass sie nur durch ganz dünne Scheidewände von einander abgesondert werden, und dass ihr Volumen das der eigentlichen Gesteinsmasse mehr oder weniger übertrifft, in welchem Falle das Gestein ein schwammiges oder schaumig aufgeblähtes Ansehen erhält. Bimsstein, vulcanische Schlacken, Lapilli.

6) Schlackige oder scoriose Structur; die Cavitäten sind ebenfalls Blasenräume, aber stark in die Länge gezogen und dabei höchst unregelmässig gewunden und verdreht, mit glatten oder rauhen Wänden; vulcanische Schlacken und Lava an der Oberfläche der Ströme.

Dass die porosen und cavernosen Gesteine vom Wasser leichter durchdrungen und imprägnirt werden können, als die compacten Gesteine, ist natürlich; ja, wenn die Cavitäten derselben sehr nahe an einander gränzen, oder stellenweise mit einander in Verbindung stehen, so kann diese Permeabilität für das Wasser in einem hohen Grade Statt finden, und sich auf bedeutende Tiefen geltend machen. Allein auch die compacten Gesteine besitzen, ganz abgesehen von ihren Zerklüftungen, gewiss eine weit grössere Permeabilität für das Wasser, als man gewöhnlich vorauszusetzen geneigt ist. Denn wenn sich auch die Individuen eines solchen Gesteins grösstentheils unmittelbar berühren, so lassen sie doch hier und da ganz feine Fugen zwischen sich, welche dem Wasser, wenigstens unter starkem Drucke, einen Zugang in das Innere des Gesteins gestatten. Da nun die meisten Gebirge und Continente ehemals submergirt gewesen sind (S. 395), da viele derselben sogar wiederholte Submersionen und Emersionen erlitten haben, so werden auch die meisten, unserer Beobachtung zugänglichen Gesteinsmassen in früheren Perioden vielleicht Jahrtausende lang unter solchen Verhältnissen existirt haben, bei welchen eine

*) D. h. in Süsswasserbassins gebildete Quarzite und Kalksteine.

Imprägnation mit Wasser möglich war. Weil aber viele Mineralien, theils durch ihren Aggregationszustand, theils durch ihre chemische Zusammensetzung geeignet sind, etwas Wasser mechanisch oder chemisch in sich aufzunehmen und zurückzuhalten, so kann es uns auch nicht befremden, dass die mineralischen Bestandtheile selbst solcher Gesteine, bei deren ursprünglicher Bildung das Wasser gewiss gänzlich ausser dem Spiele war, bisweilen einen kleinen Wassergehalt erkennen lassen. Ohnediess sind ja die meisten Mineralien, die wir der chemischen Analyse unterwerfen, nahe von der Erdoberfläche, also von solchen Stellen entnommen, welche seit Jahrtausenden den Atmosphärilien, den Meteorwassern und Quellwassern mehr oder weniger zugänglich gewesen sind, deren Einwirkung weit tiefer reichen kann, als es bisweilen den Anschein hat*). Ist doch selbst ein so dichtes Mineral wie der Chalcedon, nach den Versuchen von Gautieri und Fuchs, und nach denen neulich von Nöggerath über die künstliche Färbung der Achate mitgetheilten interessanten Nachrichten**), durchdringlich für Wasser und andere tropfbare Flüssigkeiten, sogar bei geringem Drucke. Wie können wir es also bezweifeln, dass eine Granitmasse, die vielleicht Jahrtausende lang mehre tausend Fuss tief submergirt war, bis auf bedeutende Tiefe vom Wasser imprägnirt wurde, und dass dabei dieses oder jenes von ihr umschlossene Mineral eine mehr oder weniger auffallende materielle Veränderung erfuhr? —

Noch ist in histologischer Hinsicht der Unterschied des festen, des lockeren oder zerreiblichen, und des losen Gesteins zu erwähnen, welcher sich auf die verschiedenen Grade der Consistenz oder des Zusammenhanges ihrer Elemente gründet. Die meisten Gesteine sind fest, d. h. so zusammenhängend in ihren Elementen, dass es des Angriffs einer bedeutenden mechanischen Gewalt bedarf, um diesen Zusammenhang aufzuheben, und das Gestein durch Schlagen zu zersprengen, oder durch Stoss und Druck zu zermalmen und zu zerreiben. Andere Gesteine haben einen so lockern Zusammenhang ihrer Elemente, dass sie leicht zerschlagen, zerschnitten oder zerrieben werden können; (vieler Kalktuf, Kalkstein von Maestricht und Odessa, Thon, Lehm). Noch andere Gesteine endlich bestehen aus ganz unzusammenhängenden Theilen, so dass sie als lose schüttige Massen erscheinen; (Geröll, Grus, Sand, Lapilli, vulcanische Asche).

Diese letzteren entsprechen freilich nicht dem, was man im gewöhnlichen Leben unter einem Gesteine zu verstehen pflegt, indem dabei immer ein mit einer gewissen Consistenz und Solidität versehenes Mineral-Aggregat vorausgesetzt wird. Auch hat Walchner diese losen Gesteine unter dem Namen

*) Man vergleiche über diesen, für die Beurtheilung vieler geognostischen Erscheinungen sehr wichtigen Gegenstand Bischofs Lehrb. der chem. und physik. Geologie, I, S. 233 ff.

**) Neues Jahrbuch der Min., 1847, S. 482 ff.

Congregate in eine besondere Abtheilung gebracht*). Hat man sich jedoch an diesen etwas weiteren Begriff des Gesteins gewöhnt, so erkennt man auch bald, dass eine Trennung der losen Gesteine von gewissen mit ihnen verwandten festen Gesteinen nicht sehr naturgemäss ist, da z. B. die losen Gerölle sehr häufig in feste Conglomerate, die losen Sande sehr häufig in feste Sandsteine übergehen, ohne einen andern Unterschied erkennen zu lassen, als den, dass ein zuweilen kaum sichtbares Cäment eingetreten ist, welches die lockeren Elemente verkittete.

§. 153. *Massivstructur und plane Parallelstructur oder Plattung.*

Sehr viele Gesteine lassen in der Vertheilung und Lage ihrer Elemente gar kein Gesetz der Anordnung nach irgend einer bestimmten Richtung erkennen; vielmehr sind ihre Elemente nach allen möglichen Richtungen mit und durch einander verwachsen, so dass sie in ihrer Aggregation eine völlig richtungslose Structur bedingen. Wir wollen künftig diese Modalität der Gesteinsstructur Massivstructur nennen. Dergleichen Gesteine, zu welchen z. B. die meisten Granite, Grünsteine, Trachyte, Basalte und Laven, auch sehr viele Kalksteine, Dolomite, Conglomerate und Sandsteine gehören, liefern beim Zerschlagen ganz unregelmässige Bruchstücke.

Dagegen giebt es wiederum viele andere Gesteine, in welchen alle oder doch einige Elemente nach ihrer Vertheilung und Lage eine bestimmte Richtung erkennen lassen, welche entweder durch eine Fläche, oder durch eine Linie, oder auch durch einen Punct von bestimmter Lage vorgeschrieben wird. Im ersteren Falle sind nämlich alle oder doch einige Elemente des Gesteins einer bestimmten Fläche im Raume parallel geordnet, welche wir deshalb die Structurfläche nennen; im zweiten Falle findet ein ähnlicher Parallelismus in Bezug auf eine bestimmte Linie im Raume, die Structurlinie, Statt. Wir können also die, diesen beiden Fällen entsprechenden Modalitäten der Structur als Flächenparallelismus und Linearparallelismus unterscheiden. Im dritten Falle erscheinen alle oder doch einige Gesteins-Elemente strahlenförmig oder auch nach lauter concentrischen Kugeloberflächen um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct, das Structurcentrum, geordnet. Dieses letztere Verhältniss der sphäroidischen Structur steht mit den gleichnamigen Gesteinsformen im genauesten Zusammenhange, pflegt aber gewöhnlich nur an kleineren

*) Handbuch der Geognosie, Bd. I, 1846, S. 89.

Gesteinskörpern und überhaupt nicht sehr häufig ausgebildet zu sein. Die beiden ersteren Verhältnisse dagegen kommen so häufig und so durchgreifend in grossen Gebirgsgliedern vor, dass wir zunächst ihnen unsere besondere Aufmerksamkeit widmen müssen.

Wenn alle oder doch gewisse Elemente eines Gesteins in Bezug auf eine bestimmte Fläche im Raume parallel geordnet sind, so pflegt es in der Regel eine ebene Fläche zu sein, welche diesen Parallelismus beherrscht. Denn, wenn auch die Structurfläche im Kleinen mancherlei Inflexionen und Undulationen zeigt, so folgt sie doch im Grossen einer Ebene; oder wenn sie im Grossen mancherlei Windungen und Krümmungen bildet, so lässt sie sich doch an jedem einzelnen Beobachtungspuncte als eine Ebene betrachten; an der Stelle einer auffallenden Biegung aber wird ihre Berührungs-Ebene als diejenige Fläche gelten können, welche ihre Lage für den betreffenden Punct repräsentirt. Wir können daher auch die ganze Erscheinung als plane Parallelstructur oder als Plattung bezeichnen, weil sie in der Regel eine plattenförmige Spaltbarkeit des Gesteins zur Folge hat, und oft auch das Gestein wie aus lauter Platten oder parallelen Lagen zusammengesetzt erscheinen lässt.

Es sind nun besonders lamellare, oder überhaupt solche Gesteins-Elemente, deren Form eine auffallend grösste Durchschnittsfläche besitzt, welche sich zur Hervorbringung dieser planen Parallelstructur ganz vorzüglich geeignet zeigen. Diess ist darin begründet, dass dergleichen Gesteins-Elemente, wenn sie, dem Zuge der Schwerkraft folgend, zu Boden sinken, oder wenn sie, innerhalb einer noch weichen Masse eingeschlossen, einem gemeinschaftlichen Drucke nach irgend einer Richtung unterworfen werden, nothwendig ein Bestreben haben müssen, sich mit ihren grössten Durchschnittsflächen rechtwinkelig auf die Richtung der Schwerkraft, oder auf die Richtung des Druckes zu stellen. Diese Eigenschaft besitzen unter den krystallinischen Gesteins-Elementen die tafelförmigen oder schuppenförmigen Individuen des Glimmers, Talkes und Chlorites, die oft tafelförmigen Krystalle des Orthoklases und Sanidins; unter den klastischen Elementen die scheibenförmigen Fragmente und Geschiebe, die linsenförmigen, überhaupt die stark abgeplatteten Gerölle und Körner, die als Schuppen erscheinenden Fragmente von Glimmer, Talk u. s. w. Ganz vorzüglich aber ist es der Glimmer, dieses in den Gesteinen so ausserordentlich häufig vorkommende Mineral, welches man als das eigentliche *elementum parallelizans* der Gesteine betrachten kann, indem er in vielen Gesteinen eine ausgezeichnete Parallelstructur hervorruft, sobald er nur einigermaassen

reichlich vorhanden ist. Selbst die mikroskopisch kleinen Glimmerschüppchen, wie sie in allen Thonschiefern und Schieferthonen vorhanden sind, bedingen für diese Gesteine eine im feinsten Maassstabe ausgebildete plane Parallelstructur.

Allein nicht nur die lamellare, tafelförmige und scheibenförmige Form der Gesteins-Elemente, sondern auch die lagenweise Vertheilung und Abwechslung der Bestandtheile, und die damit oft verbundene membranenähnliche oder lamellenähnliche Ausbildung der verschiedenen mit einander abwechselnden Mineral-Aggregate begründet eine bisweilen äusserst scharf und regelmässig ausgeprägte plane Parallelstructur der Gesteine.

Im gemeinen Glimmerschiefer z. B. sind die beiden wesentlichen Gemengtheile, Quarz und Glimmer, oft dergestalt mit einander verbunden, dass die Glimmerschuppen in grosse, stetig fortsetzende Membranen verwebt sind, welche, mit Lagen von körnigem Quarz abwechselnd, ein im Querbruche gestreiftes Gestein von sehr ausgezeichneter Parallelstructur zusammensetzen. Eben so verhält es sich im Kalkglimmerschiefer, wo die Quarzlagen durch Lagen von körnigem Kalk ersetzt werden. In dem charakteristischen flasrigen Gneisse erscheint der Glimmer auf ähnliche Weise in kürzere, meist etwas gebogene Membranen (die sogenannten Flasern) vereinigt, zwischen welchen der körnige Quarz in der Gestalt flach linsenförmiger, oft schon fast lamellenförmiger Partieen auftritt, deren Abwechslung mit den Glimmerflasern eine sehr deutliche Parallelstructur hervorbringt. In vielen Varietäten des Granulites ist der Quarz innerhalb der feinkörnigen Feldspathmasse in grossen, papierdünnen Lamellen ausgebildet, welche mit bewundernswerther Regelmässigkeit einen so auffallenden Parallelismus ihrer Lage beobachten, wie die Blätter eines Buches*). Im Schörlschiefer sind abwechselnde Lagen von feinkörnigem Quarz und von fein nadelförmigem Schörl mit einander verbunden, und bedingen so eine sehr deutliche Parallelstructur, obgleich weder das eine noch das andere dieser beiden Minerale durch die Form seiner Individuen irgendwie geeignet wäre, eine solche Structur zu vermitteln.

Eben so wird in vielen einfachen, sowohl krystallinischen als klastischen Gesteinen, und namentlich in den kleinkörnigen, feinkörnigen und dichten Varietäten derselben, durch eine lagenweise Abwechslung in der Beschaffenheit der Gesteinsmasse, z. B. in der Farbe, in der Grösse des Korns, gar häufig eine sehr ausgezeichnete Parallelstructur hervorgebracht, welche sich auf dem Querbruche des Gesteins als eine

*) Dabei schmiegen sich diese Quarzlamellen um die Granatkrystalle des Granulites mit stetigen wellenförmigen Biegungen; was wenigstens nicht für die Ansicht spricht, dass diese Granatkrystalle erst später gebildet worden seien. Uebrigens werden die feinen Quarzlamellen am besten auf den Querklüften oder im Querbruche etwas verwitterter Varietäten des schiefrigen Granulites wahrgenommen.

gestreifte oder gebänderte Farbenzeichnung, als eine Abwechslung von gröberen und feineren, von dichteren und lockeren Streifen zu erkennen giebt. (Viele Sandsteine, Kalksteine, Thonsteine; das Gletschereis.)

Endlich können auch accessorische Bestandmassen und fremdartige Einschlüsse, von letzteren besonders organische Ueberreste, in ihrer Form oder Vertheilung die Bedingungen zur Ausbildung einer mehr oder weniger deutlichen Parallelstructur liefern. Namentlich gehören die Blasenräume sowie die Mandeln und Geoden der Mandelsteine hierher, welche, wenn sie sehr platt gedrückt sind, wohl immer eine solche Lage besitzen, dass ihre grössten Durchschnittsflächen einander parallel sind, wodurch in dem ausserdem nur mit Massivstructur versehenen Gesteine eine recht deutliche Plattung verursacht werden kann. Die organischen Ueberreste aber werden dasselbe bewirken, wenn sie, bei langgestreckter oder breit ausgedehnter Form, mit ihren grössten Durchmessern oder mit ihren grössten Durchschnittsflächen in Bezug auf eine und dieselbe Ebene parallel gelagert sind, oder wenn sie, bei irgendwelcher Form, lagenweise innerhalb des sie umschliessenden Gesteins auftreten.

So kann denn ein zoophores oder phytophores Gestein durch seine organischen Ueberreste eine sehr deutliche Parallelstructur erhalten, oder in dieser Structur zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gelangen, wenn es schon an und für sich damit begabt ist. (Schieferthon und Sandstein mit Pflanzenabdrücken, Keupermergel mit *Posidonia minuta*, Liasschiefer mit Posidonien, Brandschiefer von Oschatz in Sachsen und von Richmond in Virginien, Opal mit Cyprisschalen, Silurischer Sandstein Russlands mit *Obolus Apollinis*, eben dergleichen von Neu-York mit *Lingula prima*.) Ja, in manchen wirklich zoogenen und phytogenen Gesteinen kann durch die Zusammensetzung des Gesteins aus lauter platten oder plattgedrückten organischen Ueberresten eine zum Theil sehr vollkommene Parallelstructur erzeugt werden. (Polirschiefer durch Infusorienpanzer, Schieferkohle durch platt über einander liegende verkohlte Pflanzen.)

Die plane Parallelstructur oder Plattung lässt uns in der Normale der Structurfläche die Richtung der Schwerkraft oder irgend anderer mechanischer Kräfte erkennen, welche bei der Ausbildung des Gesteins thätig waren, und gewinnt durch diese Hinweisung auf eine *vis directrix* eine grosse Bedeutung für die Petrogenie. Sie kann übrigens, wie diess schon aus dem Vorhergehenden folgt, mit sehr verschiedenen Graden der Vollkommenheit ausgebildet sein. Je stetiger die Structurflächen durch das Gestein zu verfolgen sind, und je näher sie aneinander rücken, um so vollkommener wird die Parallelstructur hervortreten; (Thonschiefer, Glimmerschiefer). Sind aber die Structurflächen sehr unstetig, also nur

in einzelnen Puncten (z. B. durch isolirte Glimmerschuppen), jedoch in sehr kleinen Intervallen ausgebildet, so wird die Parallelstructur eben so wohl einen geringeren Grad der Vollkommenheit zeigen, als wenn die Structurflächen sehr stetig, aber in grossen Intervallen ausgebildet sind. (Körnigschuppiger Gneiss und dickschiefriger Kalkstein.)

§. 154. *Lineare Parallelstructur oder Streckung.*

Während die plane Parallelstructur durch ein System von Parallel-Flächen, so wird die lineare Parallelstructur durch ein System von Parallel-Linien bestimmt, nach welchen alle oder einige Elemente des Gesteins in die Länge gezogen, oder doch vertheilt, geordnet und gerichtet sind. Da nun diese Erscheinung in der That sehr häufig mit einer förmlichen Ausstreckung der Gemengtheile oder Bestandmassen verbunden ist, so kann sie auch füglich als eine Streckung bezeichnet werden. Sie kommt bei sehr verschiedenen Gesteinen vor, und zwar eben sowohl bei solchen, welche ausserdem Massivstructur zeigen, als auch bei solchen Gesteinen, welche mit Plattung oder planer Parallelstructur versehen sind.

So findet sich die Streckung z. B. bei vielen Laven, wo sie sich theils in einer der Richtung des Stromes parallelen und oft sehr auffallenden Verlängerung der Blasenräume, theils in der gleichsinnigen Richtung der etwa vorhandenen säulenförmigen Krystalle von Augit, Feldspath oder anderen Mineralien zu erkennen giebt*).

Weil die Erscheinung hier ganz unzweifelhaft durch die ehemalige Vorwärtsbewegung und Ausstreckung der zähflüssigen Lava hervorgebracht worden ist, so legten schon Spallanzani und Dolomieu ein grosses Gewicht auf sie; auch gewinnt sie eine um so grössere Bedeutung, als sie uns einen Fingerzeig bietet, wie die ähnlichen Erscheinungen in ganz anderen Fällen zu erklären sein dürften.

Am nächsten verwandt mit der Streckung der Laven ist die der verschiedenen Mandelsteine, deren Mandeln oder Geoden gleichfalls sehr häufig eine ausgezeichnete Längsstreckung und zugleich eine parallele Lage ihrer grössten Axen erkennen lassen. Da nun diese Mandeln und Geoden nichts Anderes, als Ausfüllungen von Blasenräumen sind, so

*) In der Leucitlava von Borghetto sind sogar die Leucitkrystalle, trotz ihrer tesseralen Form, in der Richtung des Stromes einseitig in die Länge gezogen. Breislak, Lehrb. der Geol., III, S. 289.

muss wohl bei den Mandelsteinen ganz dieselbe Erklärung gelten, wie bei den Laven.

In manchen Syeniten sind die säulenförmigen Hornblend-Individuen, in vielen Trachyten die säulenförmigen Sanidinkrystalle mit ihren längsten Axen parallel gelagert, und wir werden wohl um so weniger Bedenken tragen können, auch hier eine wirkliche Streckung des Gesteins vor seiner Erstarrung als die Ursache dieser Erscheinung anzuerkennen, als es die betreffenden Trachyte bisweilen deutlich erkennen lassen, dass ihre Massen förmlich in Strömen geflossen sind, deren Richtung mit jener der Sanidinkrystalle übereinstimmt.

Allein die Erscheinung ist keineswegs auf Gesteine von Massivstructur beschränkt, sondern sie kommt auch häufig und in höchst ausgezeichneter Weise bei solchen Gesteinen vor, welche mit planer Parallelstructur versehen sind. In allen solchen Fällen ist aber die Streckung insofern der Plattung untergeordnet, wiefern die Structurlinien stets den Structurflächen parallel sind, und folglich nur in denjenigen Bruch- oder Spaltungsflächen des Gesteins deutlich hervortreten, welche der Structurfläche entsprechen. So lassen sehr viele Gneisse, Glimmerschiefer, Quarzschiefer, Dioritschiefer, Hornblendschiefer die lineare Parallelstructur in grosser Vollkommenheit erkennen, indem auf ihren Spaltungsflächen eine Ausstreckung gewisser Gemengtheile oder Aggregate (z. B. der Glimmerflasern) und eine parallele Ablagerung der längsten Axen derselben so unverkennbar hervortritt, dass sie jedem Beobachter auffallen muss.

Am Gneisse insbesondere ist die Streckung zuweilen so durchgreifend durch die ganze Gesteinsmasse ausgebildet, dass die Plattung fast gänzlich verloren geht, indem die Gemengtheile zu lauter langgestreckten stänglichen Aggregaten vereinigt sind, in welchen man oft nur mit Mühe die wahre Lage der Structurfläche zu erkennen vermag, während die Structurlinien mit eminenter Deutlichkeit hervortreten. In solchen Fällen macht sich die Streckung gewissermaassen unabhängig von der Plattung; sie tritt so überwiegend auf, dass die letztere zurückgedrängt und endlich ganz unscheinbar wird. Auf diese Weise erscheint z. B. der Gneiss im Muldenthale oberhalb Freiberg, zwischen Weissenborn und Weigmannsdorf; eben so der Gneiss der Gegend von Reifland und von manchen anderen Puncten des Erzgebirgischen Gneissgebietes. In solchem Extreme der Ausbildung ist die Erscheinung schon von Charpentier im Jahre 1778 hervorgehoben worden*), welcher die Structur des Gneisses von Oberneuschönberg bei Grünthal mit jener des Holzsteins verglich; so wie auch Werner diese und ähnliche Gneiss-Varietäten als stänglichen Gneiss aufzuführen pflegte.

*) Mineralogische Geographie der Chursächsischen Lande, S. 131.

In anderen Varietäten des Gneisses sind die Glimmerblättchen nach lauter parallelen Linien geordnet, welche auf den Spaltungs- oder Schichtungsflächen des Gesteins zuweilen viele Fuss weit mit bewundernswerther Regelmässigkeit zu verfolgen sind; (Gneissstock von Geringswalde in Sachsen). In noch anderen Varietäten erscheinen nur die auf den Spaltungsflächen vorwaltenden Glimmerflasern sehr auffallend in die Länge gezogen; (Gneiss zunächst um Freiberg). Endlich giebt es granitartige Gneisse, in welchen die Streckung nur noch an der longitudinalen Ausreckung der in der körnigen Gesteinsmasse sparsam auftretenden Glimmerflasern zu erkennen ist; (Gneiss des St. Gotthard, der Grimsel und anderer Centralstöcke der Alpen).

Nächst dem Gneisse sind es besonders gewisse schiefrige Quarzite, welche die Erscheinung recht auffallend wahrnehmen lassen, indem die beigemengten Glimmerschuppen auf den Spaltungsflächen oder Schichtungsfugen in lauter parallele Streifen versammelt sind, was bisweilen in einem sehr feinen Maassstabe ausgebildet ist; daher denn die entblössten Flächen bald striemig, bald fein gestreift erscheinen; Quarzbruch im Hospitalwalde bei Freiberg, Quarzlager im Triebischthale*). Der körnige Quarzit von Krummendorf in Schlesien enthält dagegen langgestreckte mandelförmige Concretionen von gleicher Beschaffenheit wie das übrige Gestein. An diesen Quarzit, oder vielleicht noch mehr an die unten zu erwähnende sogenannte Grauwacke aus der Gegend von Oschatz, erinnert ein Gestein, welches Hitchcock von Middletown bei Newport im Staate Rhode-Island beschreibt. Es besteht aus langgestreckten runden Quarzitnieren, die durch ein talkschieferähnliches Cäment verbunden, und von $\frac{1}{2}$ Zoll bis 4 und 6 Fuss lang sind. Alle diese Nieren liegen so neben und über einander, dass ihre längsten Axen durchaus parallel und von Nord nach Süd gerichtet sind. Sowohl die Quarzitnieren als das Cäment derselben enthalten viele kleine Oktaëder von Magneteisenerz. Hitchcock nennt diess Gestein ein Conglomerat, was es gewiss nicht sein kann**).

Sehr ähnlich mit der feinen Streifung mancher Quarzschiefer ist die an vielen Thonschiefern und feinschuppigen Glimmerschiefern bekannte, sehr feine und höchst regelmässige, parallele Runzelung oder Fältelung aller Spaltungsflächen, welche bisweilen so zart ausgebildet ist, dass man sie mit dem unbewaffneten Auge kaum zu erkennen vermag. Allein die Regelmässigkeit derselben ist oft erstaunenswerth. Auch pflegen dergleichen Schiefer bei der Verwitterung eine fast fasrige, asbestartige Textur zu entwickeln, und in scheitförmige oder spanförmige Bruchstücke zu springen***). Diese zarte Streifung oder Fältelung der Thonschiefer ist übrigens schon älteren Beobachtern

*) Geognost. Beschr. des Königreichs Sachsen, V, S. 63. In dem Quarzite bei Oberschöna kommt bisweilen Eisenkies vor, welcher in dünnen Stängeln von körniger Zusammensetzung auftritt, deren Richtung mit jener der Streckung übereinstimmt.

**) *Report on the Geology of Massachusets*, 1833, 253.

***) Wie schon Beyer, in seinen Beiträgen zur Bergbaukunst, 1794, S. 127 bemerkte.

aufgefallen. Charpentier, Saussure, Heim, Beyer u. A. gedenken ihrer; Heim sagte, dass die Stücke zuweilen täuschend das Ansehen von Holzstein erhalten, und Saussure verglich eben so einen gestreiften Schiefer bei Hyères mit Eichenholz*). Die neueren Französischen Geologen pflegen dergleichen Schiefer als *schistes striés* oder *satinés*, die Englischen Geologen als *striated slate* aufzuführen, und Beudant schlägt für die ähnlich gestreiften Glimmerschiefer den Namen *micaschiste soyeux* vor**), wie denn überhaupt mit dieser Streifung oft ein seidenartiger Glanz verbunden zu sein pflegt. Wie am Thonschiefer, so findet sich auch bisweilen am Kieselschiefer dieselbe Erscheinung. Dass sie bei allen diesen schiefrigen Gesteinen gleichfalls durch eine Ausstreckung hervorgebracht wurde, diess scheint wenigstens die Ansicht von Sedgwick und Murchison zu sein***).

Manche Kalksteine, zumal die mit Glimmer gemengten Varietäten, zeigen gleichfalls eine auffallende Riefung oder Streifung der Schichtungs- und Spaltungsflächen, welche oft mit einer Neigung zur Bildung von scheitförmigen Bruchstücken verbunden ist. Der mit Glimmer und Graphit gemengte Kalkstein in der Klam, dem Ausgange des Gasteiner Thales, liefert zuweilen ellenlange Absonderungsstücke, welche so schmal wie eine Degenscheide sind†).

Jedoch nicht blos krystallinische Gesteine, auch klastische Gesteine zeigen bisweilen das Phänomen der Streckung recht deutlich, welches bei ihnen, eben so wie bei gewissen krystallinischen Sedimentgesteinen, nur auf zweierlei Weise zu erklären sein dürfte. Entweder fand der Absatz des Sedimentes unter dem Einflusse von Strömungen Statt, wodurch die sich niederschlagenden Theile in der Richtung des Stromes hinter einander zur Ablagerung gelangten; oder die bereits abgelagerten, aber noch weichen Schichten erlitten eine Dislocation, z.B. eine einseitige Hebung oder Senkung, welche mit einer Gleitung, Rutschung oder Ausdehnung derselben verbunden war, wodurch eine innere Verschie-

*) Heim, in Geol. Beschr. des Thür. Waldgebirges, II, 1803, S. 71, und Saussure, *Voyages dans les Alpes*, §. 1482.

**) *Voyage min. et geol. en Hongrie*, 1822, *III*, *p.* 36.

***) In ihrer trefflichen Abhandlung über das Schiefergebirge von Devonshire (*Trans. of the geol. soc.*, 2. *series*, *V*, 1840, *p.* 655 f.). Dagegen glaubt Cotta, dass die parallele Fältelung der Thonschiefer weniger durch eine Streckung, als durch eine Pressung verursacht worden sein dürfte. Grundriss der Geognosie und Geologie, S. 120. Dieselbe Ansicht scheint auch *Boblaye* zu haben, welcher übrigens die Wichtigkeit der Erscheinung vollkommen begriffen hat. *Bull. de la soc. géol.*, *X*, *p.* 228.

†) In den sedimentären Kalksteinen ist die Ursache der Erscheinung gewiss oft in Meeresströmungen zu suchen, unter deren Einflusse das Kalksediment abgesetzt wurde. So erklärt auch *Verneuil* die Erscheinung, dass die Tentaculiten in dem Kalksteine von Shoharrie in Neu-York alle parallel nach derselben Richtung liegen, durch Meeresströmungen. *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. IV*, *p.* 656.

bung aller Theile, ein *motus intestinus* der ganzen Masse, und somit eine gleichsinnige Streckung derselben verursacht wurde*).

So finden sich zuweilen Grauwackenschiefer, welche auf ihren Spaltungsflächen eine striemige oder langflasrige Structur zeigen, oder welche Thonschieferlamellen enthalten, die wie Weidenblätter in die Länge gezogen sind. Hausmann erwähnt eine gestreckte Grauwacke von der Frankenscharner Hütte am Harze**). Zwischen Oschatz und Strehla kommt in Sachsen eine sogenannte Grauwacke vor, aus zollgrossen, cylindrischen oder spindelförmigen (eigentlich dattelkernförmigen) Quarzstängeln und feinen Talkschuppen bestehend, in welcher alle Quarzcylinder mit ihren längsten Axen völlig parallel liegen. Es ist kaum anders denkbar, als dass dieses Gestein aus einer Flüssigkeit gebildet wurde, welche nach einer bestimmten Richtung fortströmte, wodurch allmälig jedes der Quarzkörner zu dieser seltsamen Form gelangte, während gleichzeitig zwischen ihnen der Talk abgesetzt wurde. Sharpe macht aufmerksam darauf, dass in den klastischen Thonschiefern Englands die Formen der organischen Ueberreste sehr häufig stark gequetscht und in die Länge gezogen sind; er erklärt diess aus einer Expansion, welche das Gestein im noch weichen Zustande bei der Dislocation seiner Schichten erfahren hat.

Das wichtigste Moment bei diesem Phänomene der linearen Parallelstructur, wodurch dasselbe überhaupt eine weit grössere geologische Bedeutung gewinnt, als man ihm vielleicht ausserdem zugestehen möchte, ist nun aber unstreitig, dass die Streckung an einer und derselben Localität, ja, dass sie oft über grosse Räume eine sehr constante mittlere Richtung behauptet, dass sich diese Richtung von der Lage der Schichten oft völlig unabhängig erweist, und dass die ganze Erscheinung in dem alten Schiefergebirge eben so häufig vorkommt, als sie in den neueren sedimentären Schiefern selten getroffen wird. Am eigentlichen Schieferthone (z. B. des Steinkohlengebirges) am Liasschiefer, und an den meisten ächten Grauwackenschiefern wird wenigstens die zarte Streifung und Fältelung der Spaltungsflächen wohl gänzlich vermisst. Wo aber die Streckung vorkommt, da verdient sie gewiss eben so wohl die Aufmerksamkeit des Geologen, wie die Plattung, weil sich auch in ihr eine bestimmte Richtung und eine *vis directrix* zu erkennen giebt, welche für die Ausbildung des Gesteins von Bedeutung gewesen sein muss.

In einer ganz andern, als in der bisher betrachteten, Weise kommt die lineare Parallelstructur bei mehren einfachen Gesteinen und bei gewissen accessorischen Bestandmassen anderer Gesteine vor, indem

*) Vergl. *Daniel Sharpe*, im *Quarterly Journal of the geol. soc.*, *III*, 1847 *p.* 74 ff.

**) Hausmann, Die Bildung des Harzgebirges, S. 66.

die stänglichen oder fasrigen Individuen jener Gesteine oder Bestandmassen in paralleler Verwachsung zu plattenförmigen Aggregaten (Lagen oder Trümern) dergestalt verbunden sind, dass die Stängel und Fasern ungefähr rechtwinkelig auf den Seitenflächen der Platten stehen. Diese, nicht durch die Ausstreckung des Gesteins, sondern durch das gleichzeitige und gleichmässige Wachsthum der krystallinischen Individuen bedingte Structur findet sich bekanntlich am Fasergyps, fasrigen Steinsalz, Faserkalk, Asbest, Chrysotil, und einigen anderen Mineralien, welche zur Zusammensetzung gewisser Gesteine beitragen.

§. 155. *Sphäroidische Structur.*

Die sphäroidische Structur der Gesteine erscheint zwar als ein Verhältniss von untergeordneter Wichtigkeit, wenn wir sie mit den beiden vorher betrachteten Verhältnissen der planen und linearen Parallelstructur vergleichen; sie kommt aber doch häufig genug vor, bildet die eigentliche Grundbedingung für das Dasein der meisten kuglichen Gesteinsformen, und ist für gewisse Gesteine so charakteristisch, dass wir ihr einen besonderen Paragraphen widmen müssen. Sie ist einestheils darin begründet, dass alle oder einige Bestandtheile des Gesteins eine regelmässige, concentrisch schalige, bisweilen auch radiale Anordnung um einen gemeinschaftlichen Mittelpunct besitzen; anderntheils nur darin, dass das Gestein um einen solchen Mittelpunct innerhalb concentrischer Lagen kleinen Schwankungen seiner Zusammensetzung unterworfen ist. In allen Fällen aber wird vorausgesetzt, dass die so bestimmten Gesteins-Sphären in der Hauptsache dieselbe Natur und Zusammensetzung haben, wie die sie umgebende Gesteinsmasse, indem eine wesentliche Verschiedenheit ihrer Masse sie in die Kategorie der Concretionsbildungen verweisen würde, mit welchen allerdings viele sphäroidische Gesteinsmassen sehr nahe verwandt sind*).

Die sphäroidische Structur ist gewöhnlich innerhalb kleinerer Gesteinskörper von einigen Linien bis zu mehren Fuss Durchmesser zur Ausbildung gebracht, und erstreckt sich nur in seltenen Fällen auf viel grössere Gesteinsmassen. Wo sie aber einmal angetroffen wird, da pflegt sie um viele einzelne Structurcentra zugleich ausgebildet zu sein, so dass die durch sie bedingten kuglichen Gesteinsformen gewöhnlich in

*) Die Kugeln der Oolithe und der Rogensteine würden sich mit in die Kategorie der sphäroidischen Gesteinsstructur ziehen lassen. Indessen habe ich sie noch einstweilen als besondere Gesteins-Elemente aufgeführt, um mich nicht zu sehr von der gewöhnlichen Darstellung zu entfernen.

grösserer Anzahl beisammen, zuweilen wohl auch dicht gedrängt über und neben einander vorkommen. Die concentrische Anordnung der Gemengtheile, oder die, innerhalb concentrischer Schalen eintretende Aenderung der Gesteinsbeschaffenheit erstreckt sich nämlich von jedem Structurcentro aus nur bis auf eine gewisse Entfernung, erreicht auch gewöhnlich innerhalb einer und derselben sphäroidischen Fläche ihre Gränze, und bedingt dadurch die Entwicklung eigenthümlicher innerer Gesteinsformen*), welche sich allgemein als sphäroidische Formen bezeichnen lassen. Liegen nun diese Sphäroide isolirt in der Gesteinsmasse, so besitzen sie oft eine recht vollkommene kugliche Gestalt; liegen sie dagegen dicht über und neben einander, so haben sie zum Theil eine verdrückte, bisweilen fast polyedrische äussere Form erhalten, weil sie an ihren Gränzen gegenseitig eine störende Einwirkung ausüben mussten. Diese Gränzen sind übrigens bald scharf, bald undeutlich ausgeprägt; dasselbe gilt auch von der concentrisch schaligen Structur, welche zwar oft sehr deutlich, bisweilen aber, wenigstens im frischen Gesteine, kaum bemerkbar hervortritt. In solchen Fällen wird aber sowohl die Begränzung der Gesteinssphären, als auch die concentrisch schalige Structur derselben durch die allmälige Zersetzung und Verwitterung des Gesteins immer deutlicher entwickelt, so dass die von den Atmosphärilien oder Gewässern längere Zeit benagten und bearbeiteten Gesteinswände die sphäroidische Structur oft in grosser Vollkommenheit erkennen lassen, während solche in frisch angebrochenen Gesteinswänden vielleicht kaum zu bemerken ist**). Uebrigens giebt sich die Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Gesteinssphären besonders auch dadurch zu erkennen, dass solche gewöhnlich einen Kern umschliessen, welcher eine auffallend grössere Härte und Festigkeit besitzt, und deshalb, so wie wegen seiner centralen Lage, der Verwitterung am längsten Widerstand leistet; ja, bisweilen hat dieser Kern eine ganz andere Structur und mineralische Zusammensetzung, als die ihn umgebenden Schalen.

*) Gerade so, wie die plane Parallelstructur häufig die Existenz von Gesteinslagen, und die lineare Parallelstructur bisweilen die Existenz von Gesteinsstängeln bedingt.

**) Man hat daher wohl auch die Kugeln zuweilen für ein bloses Product der Verwitterung gehalten; wogegen Mohs sehr richtig bemerkt: die Anlage zur Kugelbildung müsse nothwendig vorhanden sein, denn ohne sie könne die Verwitterung unmöglich Kugeln hervorbringen. Die ersten Begriffe der Min. und Geogn., II, S. 104. Vergl. auch Roth, Die Kugelformen im Mineralreiche, S. 11 f.

Was die Form der Gesteinssphäroide betrifft, so ist solche theils vollkommen kuglich, theils abgeplattet oder langgestreckt sphäroidisch, theils unregelmässig krummflächig, und dann nur insofern mit sphärischen Gestalten vergleichbar, wiefern die krummen Flächen den Raum um das Structurcentrum allseitig umschliessen. Dass sich die einzelnen Sphäroide bisweilen zu polyedrischen Formen comprimirt haben, wurde schon vorhin bemerkt. Die Structur ist in den meisten Fällen concentrisch schalig, und nur selten radial stänglich oder blättrig.

Uebrigens findet sich die sphäroidische Structur bei sehr verschiedenen Gesteinen, jedoch in der Regel nur bei solchen, welche keine plane Parallelstructur besitzen. Sie kommt bei vielen krystallinischen Gesteinen, z. B. ziemlich häufig bei Granit, Porphyr, Grünstein und Basalt, selten bei Kalkstein, Gyps oder Steinsalz in recht ausgezeichneter Weise vor; sie wird aber auch bisweilen in klastischen Gesteinen angetroffen, und dürfte dann als eine mit den Concretionsbildungen sehr nahe verwandte Erscheinung zu betrachten sein, indem sie bei ihnen wesentlich in der Concentration einer, die Gesteinsmasse imprägnirenden Substanz begründet gewesen sein mag.

Folgende Beispiele mögen zur Erläuterung dieser Structur dienen.

Granit. Die Granitfelsen der Gegend von Warmbrunn, Schmiedeberg und Hirschfeld in Schlesien sind nach Leopold von Buch reich an völlig abgerundeten Kugeln von 2 Zoll bis 1½ Fuss Durchmesser, welche oft wie Kanonenkugeln aus den Felswänden hervorstehen. Aeusserst schön und deutlich erscheinen sie an der südlichen Seite des Kynast bei Warmbrunn; die Kugeln bestehen aus einem sehr kleinkörnigen Granit, halten in der Mitte weniger Glimmer, als nach der Peripherie, und sind an ihrer Oberfläche gewöhnlich mit kleinen Glimmerblättchen bedeckt*). Bei der Seissener Mühle unweit Arzberg im Fichtelgebirge enthält der Granit Kugeln von 2 bis 5 Fuss Durchmesser, welche concentrisch-schalig verwittert, im Innern aber mit einem frischen Kerne versehen sind. (Goldfuss und Bischof, Physikalisch-Statistische Beschr. des Fichtelgeb., 1817, I, S. 145.)

Porphyr. Besonders interessant ist der, zuerst durch Monteiro genau bekannt gewordene Kugelporphyr (Pyromerid oder Napoleonsporphyr) aus der Gegend von Ajaccio auf Corsica; ein rother, grauer bis brauner, quarzführender Felsitporphyr, welcher bis 4 Zoll grosse Kugeln von theils concentrisch schaliger, theils radial stänglicher Structur umschliesst. (*Journal des Mines*, *t.* 35, *p.* 347 f., und Leonhard, Charakteristik der Felsarten, I, S. 142.) Porphyrkugeln, aus dünnen concentrischen Schalen bestehend, von Birkenau bei Weinheim in Baden, sind von Bronn beschrieben worden; (*Gäa Heidelbergensis*, 1830, S. 75). Die sphäroidischen Gebilde aus dem Kugelporphyr des Thüringer Waldes sind wohl in die Kategorie der Secre-

*) Geogn. Beob. auf Reisen durch Deutschland und Italien, I, S. 16.

tionen, dagegen die aus dem Pechsteine von Neudörfel bei Zwickau (so wie die ganz ähnlichen, welche Emil Schleiden *) in einem aus Chlorit und Epidot bestehenden Gesteine bei Durango in Mexico sah) vielleicht in die Kategorie der Concretionen zu stellen.

Grünsteine. Eines der merkwürdigsten Beispiele von sphäroidischer Structur liefert der sogenannte Kugeldiorit von Sartena auf Corsica. Mitten innerhalb des körnigen Gemenges von Anorthit und Hornblende haben sich sehr regelmässige, 1 bis 3 Zoll grosse Sphären ausgebildet, welche aus concentrischen Lagen bestehen, in welchen abwechselnd der eine und der andere Gemengtheil vorwaltet, und zugleich eine radial stängliche Structur mehr oder weniger deutlich zu erkennen ist**).

Besonders häufig kommt die sphäroidische Structur an dem feinkörnigen Diabas vor, bei welchem sie aber nicht in einer förmlichen Sonderung beider Gemengtheile, sondern nur in kleinen Schwankungen ihres Quantitäts-Verhältnisses begründet zu sein pflegt, weshalb sie auch gewöhnlich erst durch die Verwitterung recht deutlich sichtbar gemacht wird. So sah F. Hoffmann bei Steben im Fichtelgebirge Diabaskugeln, welche aus liniendicken concentrischen Schalen bestehen, und in der Mitte einen nussgrossen, verworren krystallinischen Kern umschliessen. Bei der Weidesgrüner Mühle unweit Schauenstein fand er einen dichten Diabas in langgestreckten ovalen Sphäroiden von 6 bis 8 Fuss grösstem Durchmesser, welche alle dergestalt über einander liegen, dass ihre längsten Axen einander parallel sind***). Goldfuss und Bischof, welche schon früher diese Grünsteine des Fichtelgebirges sehr genau beschrieben haben, bezeichnen dergleichen Varietäten als Kugelfels. Am Harze, im Herzogthum Nassau und in anderen Gegenden sind sie gleichfalls bekannt.

Basalt. An den Basalten ist die sphäroidische Structur eine ziemlich gewöhnliche Erscheinung, welche bei ihnen eben so, wie bei den feinkörnigen und dichten Diabasen ausgebildet zu sein pflegt, und zuweilen in einem so grossen Maassstabe auftritt, dass die einzelnen Kugeln oder Ellipsoide einen Durchmesser von 20, 30 und mehren Fuss erreichen. Als einige besonders merkwürdige Beispiele erwähnen wir diejenigen, welche Hoffmann aus den Basalten des Val di Noto in Sicilien beschrieb. Bei Buccheri bildet der Basalt Kugeln bis zu einem Fuss Durchmesser, welche eine radial stängliche Structur besitzen, und von einer zolldicken schwarzen Glaskruste umgeben sind, die nach Innen ganz allmälig in den feinkörnigen Basalt übergeht. Ganz dieselbe Erscheinung zeigt eine Basalt-Ablagerung bei Gadre, eine andere bei Mineo, wo die Kugeln 1 bis 2 Fuss gross und ihre Glaskruste bis 1½ Zoll dick ist,

*) Neues Jahrbuch für Min., 1839, S. 303.

**) Besson beschrieb dieses merkwürdige Gestein zuerst im Jahre 1789. Vergl. Leonhard, Charakteristik der Felsarten, S. 108. Bekannt sind die Kugeln des Grünsteinporphyrs aus dem Stephanischachte bei Schemnitz, welche jedoch keine sphäroidische Structur zeigen. Fiedler erwähnt Serpentinkugeln von Karysto auf Euböa. Reise durch Griechenland, I, S. 432.

***) Uebersicht der orogr. u. geogn. Verhältnisse des NW. Teutschland, S. 430. Im Sächsischen und Reussischen Voigtlande habe ich ähnliche Erscheinungen an vielen Orten beobachtet.

und der Basalt von Palagonia, dessen 6 Fuss grosse, dichte Basalt-Ellipsoide mit zollstarken Glaskrusten versehen sind*).

Lava ist im Allgemeinen seltener mit sphäroidischer Structur versehen, als Basalt. Ein sehr interessantes Beispiel erwähnt Hoffmann vom Hügel alle Croci auf der Insel Lipari, wo concentrisch schalige Lavakugeln vorkommen, deren Schalen durch sehr dünne (erst später entstandene) weisse Gypslagen abgesondert werden; er erinnert dabei an die im Fichtelgebirge zuweilen vorkommenden Grünsteinkugeln, deren Schalen durch Brauneisenerz abgesondert werden. (Poggend. Ann., Bd. 26, 1832, S. 41.)

Kalkstein. Ausser der sehr häufigen oolithischen Structur, welche nicht mit Unrecht hierher gezogen werden könnte, ist die sphäroidische Structur am Kalksteine keine sehr gewöhnliche Erscheinung. Einen ausgezeichneten Fall der Art erwähnt Featherstonhaugh vom Fort Crawford im Hurondistricte, wo der silurische Kalkstein in sehr regelmässige concentrisch schalige Kugeln bis zu 2 Fuss Durchmesser abgesondert ist, was sich auch weiter aufwärts am Mississippi, bei Little-Crow wiederholt**).

Gyps, als feinkörniger oder dichter Gyps zeigt bisweilen nuss- bis faustgrosse Kugeln; im grösseren Maassstabe kommt nach Hamilton die Erscheinung in den berühmten Alabasterbrüchen bei Castellina in Toskana vor, wo der weisse Alabaster 20 bis 2000 Pfund schwere Sphäroide bildet, welche durch eine, aus concentrischen Thon- und Gypslagen bestehende Schale von dem grauen Gypse getrennt werden, welcher sie einschliesst. (*Quarterly Journ. of the geol. soc.*, *I*, 1845, *p.* 283.)

Thonstein oder Porphyrtuff zeigt nicht selten erbsen- bis nussgrosse, concentrisch schalige Kugeln, welche wesentlich aus derselben Masse bestehen, wie das sie umschliessende Gestein. Chemnitz in Sachsen.

Grauwacke; die unter diesem Namen bekannten ältesten Sandsteinbildungen lassen bisweilen concentrisch schalige Sphäroide von ein paar Fuss Durchmesser beobachten. Sehr ausgezeichnet sah sie z. B. Hausmann bei der Frankenscharner Hütte im Innerstethale am Harze, Nöggerath am Felsen von Ehrenbreitenstein und Göppert bei Troppau; auch aus der Gegend von Crozon im Dep. Finistère und von Binfords in Somersetshire werden abgeplattete Grauwackenkugeln erwähnt***).

*) Geognost. Beob., gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien, 1839, S. 631, 643, 650 u. 652. Sartorius v. Waltershausen hält diese merkwürdigen Basaltkugeln für Bomben, was allerdings Vieles für sich hat. Ueber die submarinen Ausbrüche des Val di Noto, 1846, S. 22.

**) *Report on the geological Reconnoissance by the way of Green Bay to the Coteau de Prairie*, 1836, *p.* 125 u. 134.

***) Hausmann, in den Nordteutschen Beiträgen, Stück 2, 1807, S. 80; Nöggerath, in Rheinland-Westphalen, IV, S. 362; Göppert, im Neuen Jahrb. für Min., 1847, S. 678, *Bull. de la soc. geol.*, 2. *serie*, *III*, 1846, *p.* 593. Horner, in *Trans. of the geol. soc.*, *III*, *p.* 342 f. Diese letzteren Ellipsoide von Binfords sind mandelförmig, einige Zoll bis einige Fuss lang, und bestehen grösstentheils aus concentrischen Lagen derselben Grauwacke, in welcher sie vorkommen.

Sandstein; man hat schon in den Sandsteinen verschiedener Formationen sphäroidische Structur beobachtet, obgleich die Erscheinung im Allgemeinen nicht sehr häufig vorkommt. So erwähnen sie z. B. Macculloch im Sandsteine der Insel Egg, Martini aus dem Karpathensandsteine bei Klausenburg, Eschwege aus dem Sandstein des Rothliegenden am Corrego da Extrema, Keilhau aus dem Devonischen Sandsteine von Vadsöe am Varangerfjorde in Finmarken, Philippi aus dem Kohlensandsteine von Friedrichsrode am Thüringer Walde u. s. w. Alle diese Sandsteinkugeln sind mit einer concentrisch schaligen Structur versehen, und erreichen eine Grösse bis zu 2 Fuss und darüber *).

§. 156. *Besondere Structuren krystallinischer Gesteine; einfache Structuren.*

Es folgt schon aus dem Begriffe der Gesteinsstructur (§. 147) dass solche in ausserordentlich manchfaltigen Formen und Verhältnissen ausgebildet sein kann. Daher werden sich denn, ausser den bisher betrachteten allgemeinen Modalitäten der Massivstructur, der Parallelstructur und der sphäroidischen Structur, sehr viele besondere Modalitäten der Structur unterscheiden lassen, wie solche durch die verschiedene Grösse, Form, Lage und Vertheilung der Gesteins-Elemente bedingt werden. Von diesen mancherlei besonderen Arten der Structur hat man diejenigen, welche am häufigsten vorkommen und daher vorzüglich wichtig sind, hervorgehoben und mit bestimmten Namen belegt, deren man sich bei der Beschreibung der Gesteine zu bedienen pflegt**). Weil sie sich jedoch für die krystallinischen und klastischen Gesteine etwas verschieden herausstellen, so erscheint es zweckmässig, sie für beide besonders in Betrachtung zu ziehen.

Die Structur der krystallinischen Gesteine lässt sich zuvörderst als einfache und zusammengesetzte Structur unterscheiden***). Einfach ist die Structur, wenn die Verknüpfung der wesentlichen Bestandtheile in einer durchaus gleichartigen und gleichmässigen Weise Statt findet, so dass ein jeder, kleinere wie grössere Theil des Gesteins eine

*) *Macculloch, System of Geol., II, p.* 178; Eschwege, Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens, S. 243; Keilhau, Gäa Norvegica, II, S. 260; Philippi, Neues Jahrbuch für Min., 1843, S. 594.

**) Blöde machte den Vorschlag, die Structuren durch eine besondere Bezeichnung oder Signatur auszudrücken. Neues Jahrb. für Min., 1837, S. 187. Es dürfte jedoch damit nicht viel gewonnen werden.

***) *Charles d'Orbigny* unterscheidet nach ähnlichen Principien die *contexture uniforme* und *complexe*. *Dict. univ. d'hist. nat. Art. Roche, p.* 152.

und dieselbe Art des Gefüges erkennen lässt. Zusammengesetzt ist die Structur, wenn die Verknüpfung der Bestandtheile in einer ungleichmässigen Weise Statt findet, so dass gewisse Bestandtheile entweder in auffallend grösseren Individuen ausgebildet, oder zu kleinen Concretionen oder accessorischen Bestandmassen vereinigt sind, welche sich von der übrigen Gesteinsmasse mehr oder weniger auffallend unterscheiden. Das Gestein lässt daher in solchem Falle eine Grundmasse von einfacher (meist feinkörniger bis dichter) Structur erkennen, innerhalb welcher die grösseren Individuen, die Concretionen oder accessorischen Bestandmassen nach bestimmten Gesetzen vertheilt sind. Als die wichtigsten Arten der einfachen Structur sind die körnige, die schuppige, die flasrige, die schiefrige un die fasrige Structur zu unterscheiden.

1) Krystallinisch-körnige Structur. Krystallinische Körner und Blätter sind nach allen möglichen Richtungen mit und durch einander verwachsen, ohne irgend eine bestimmte Anordnung erkennen zu lassen. Die Structur ist daher in der Regel völlig richtungslos; doch kann sie in manchen Fällen mit einer Anlage zu planer oder linearer Parallelstructur, oder auch zu sphäroidischer Structur verbunden sein. Sie kommt sehr ausgezeichnet am Granit, Syenit, Diorit, Dolerit, an manchen Quarziten, Kalksteinen, Dolomiten und Gypsen vor. Da gar keine bestimmte Regel in der Lage der Individuen obwaltet, so tritt eine weitere Unterscheidung besonders nach der Grösse der Körner ein. — Nach der relativen Grösse der Körner unterscheidet man die gleichmässig und ungleichmässig körnige Structur, je nachdem nämlich die körnigen Individuen alle von ziemlich gleicher, oder zum Theil von sehr ungleichmässiger Grösse sind. Im letzteren Falle pflegen die grössten Individuen als vollständige Krystalle ausgebildet zu sein, welche innerhalb des körnigen Gesteins vertheilt sind, dessen Structur dann als porphyrartig bezeichnet wird, weil sie grosse Aehnlichkeit mit der porphyrischen Structur besitzt; (porphyrartiger Granit). — Nach der absoluten Grösse der Körner unterscheidet man die Abstufungen grosskörnig, grobkörnig, kleinkörnig und feinkörnig, wobei die oben S. 445 angegebenen Dimensionen zum ungefähren Anhalten dienen. Manche einfache krystallinisch-körnige Gesteine zeigen eine poröse Beschaffenheit, gerade so wie der gewöhnliche Zucker, daher man ihnen eine zuckerartig-körnige oder saccharoide Structur zuschreibt; (Dolomit, gewisse Kalksteine).

2) Schuppige Structur. Das Gestein besteht vorwaltend oder gänzlich aus krystallinischen Blättchen oder Schuppen, welche nicht in grössere Blätter oder Membranen verwebt, sondern isolirt mit und durch einander verwachsen sind, dabei aber eine mehr oder weniger deutliche Tendenz zur parallelen Ablagerung erkennen lassen. Die schuppigen Gesteine zeigen daher in der Regel eine Parallelstructur von grösserer oder geringerer Vollkommenheit; nur selten kommen verworren-schuppige Gesteine von ganz richtungsloser Structur vor; (Chlorit). Manche Varietäten von Glimmerschiefer, Chloritschiefer und Gyps zeigen diese Structur recht ausgezeichnet. Wenn körnige Gesteine sehr viele isolirte Glimmerschuppen von paralleler Lage ent-

halten, so bildet sich ein Gefüge aus, welches man die körnig-schuppige Structur nennen kann; mancher Gneiss und glimmerreiche Kalkstein.

3) Flasrige Structur; dünne kurze Lagen oder linsenförmige Partieen von körniger Zusammensetzung wechseln mit noch dünneren, kurzen und etwas gebogenen Lagen (Flasern) von schuppiger Zusammensetzung, welche sich zwischen den ersteren in paralleler Anordnung hinschmiegen. Diese Structur ist besonders ausgezeichnet bei vielen Varietäten des Gneisses anzutreffen, und geht einerseits in die körnige, anderseits in die schiefrige Structur über. Man unterscheidet: nach der Grösse der körnig zusammengesetzten Partieen grossflasrig, grobflasrig, kleinflasrig und feinflasrig; nach der Form derselben, und nach der davon abhängigen grösseren oder geringeren Regelmässigkeit der planen Parallelstructur, geradflasrig, wellenförmig-flasrig, knotigflasrig und verworrenflasrig; endlich nach dem Dasein oder Mangel einer deutlichen Streckung, langflasrig und breitflasrig.

4) Schiefrige Structur; das Gestein besitzt eine sehr ausgezeichnete plane Parallelstructur, welche mit mehr oder weniger Stetigkeit durch seine ganze Masse zu verfolgen ist, und eine vollkommene Spaltbarkeit desselben in scheibenförmige Bruchstücke bedingt.

Nach der grösseren oder geringeren Stetigkeit der Spaltungsflächen unterscheidet man die vollkommen und die unvollkommen schiefrige Structur: im ersteren Falle erfolgt die Spaltung leicht nach Spaltungsflächen, welche sehr stetig ausgedehnt, dabei glatt und eben sind; im zweiten Falle erfolgt die Spaltung schwieriger, und liefert unstetig ausgebildete, unebene und rauhe Spaltungsflächen; (Dachschiefer und Kieselschiefer). Nach der Grösse der Intervalle der Spaltungsflächen unterscheidet man die dünnschiefrige und die dickschiefrige Structur; bei jener sind die Intervalle der Spaltungsflächen sehr klein, daher die Spaltung an jeder Stelle des Querbruchs gelingt, und sehr dünne Spaltungsstücke liefert; bei dieser sind die Intervalle der Spaltungsflächen gross, daher die Spaltung nur stellenweise gelingt, und dickere Spaltungsstücke liefert. (Dachschiefer einerseits, Kalkschiefer anderseits.) Nach der Form der Spaltungsflächen (oder nach der Configuration der Structurflächen) unterscheidet man endlich die geradschiefrige und die krummschiefrige Structur, welche letztere noch als einfach-, wellenförmig-, knotig-, zickzackförmig- und verworren-krummschiefrige Structur ausgebildet sein kann. Wenn die schiefrige Structur zugleich vollkommen schiefrig, dünnschiefrig und geradschiefrig ist, so nähert sich das Verhältniss der Spaltbarkeit des einfachen Minerals. Die unvollkommen schiefrige Structur pflegt auch gewöhnlich dickschiefrig zu sein.

5) Fasrige Structur; das Gestein besteht vorwaltend oder gänzlich aus sehr dünnstänglichen oder fasrigen Individuen einer Mineralspecies. Man kann hier unterscheiden:

die körnig-fasrige Structur; die stänglichen Individuen sind sehr kurz und nach allen Richtungen durch einander gewachsen, die Parallelstructur erscheint sehr unvollkommen; Amphibolit, Schörlschiefer, mancher Gyps;

die schiefrig-fasrige Structur; die Individuen sind länger, und sehr deutlich innerhalb bestimmter Ebenen ausgebreitet und durch einander gewebt; Hornblendschiefer, mancher Schörlschiefer;

die verworren-fasrige Structur; die Individuen sind filzartig nach allen Richtungen durch einander verwebt; Strahlsteinschiefer;

die parallel-fasrige Structur; die fasrigen Individuen liegen einander vollkommen parallel; diese Structur findet sich nur in den plattenförmigen Concretionen und Secretionen, in Lagen und Trümern, und dann gewöhnlich dergestalt, dass die Fasern auf den Seitenflächen der Platten völlig oder beinahe rechtwinkelig stehen. Gyps, Faserkalk, Asbest.

Alle diese Structuren, mit Ausnahme der schiefrigen Structur, setzen voraus, dass die Individuen in noch deutlich erkennbarer Grösse ausgebildet sind. Sinken sie bis zu mikroskopischer Kleinheit herab, so wird das Gestein selbst ein kryptokrystallinisches Aggregat, dessen Structur in der Regel gar nicht mehr erkennbar ist. Solche Gesteine nennt man dichte Gesteine, und ihre Structur dichte Structur, obgleich eigentlich durch das Wort dicht das Dasein irgend einer wahrnehmbaren Structur verneint wird. Gewöhnlich sind es äusserst feinkörnige Aggregate, welche durch die Kleinheit und innige Verwachsung ihrer Elemente als dergleichen dichte Gesteine erscheinen, während sie unter dem Mikroskope oft noch als wirkliche körnige Aggregate zu erkennen sind. Dicht in der strengeren Bedeutung des Wortes sind nur die porodinen und hyalinen Gesteine.

§. 157. *Fortsetzung; zusammengesetzte Structuren.*

Die verschiedenen Arten der zusammengesetzten Structur, welche gewöhnlich in den geognostischen Lehrbüchern hervorgehoben werden, sind wesentlich darin begründet, dass eine Grundmasse von einfacher, meist feinkörniger oder dichter Structur gegeben ist, innerhalb welcher einer oder mehre andere Bestandtheile in der Form von Krystallen, von kleinen rundlichen Concretionen oder von accessorischen Bestandmassen enthalten sind. Als die wichtigsten Arten derselben sind die porphyrische, die amygdaloidische, die oolithische, die variolitische, die durchflochtene, die durchtrümerte und die lagenförmige Structur zu unterscheiden.

1) Porphyrische Structur. Das Gestein besitzt eine dichte oder sehr feinkörnige Grundmasse, in welcher auffallend grössere Krystalle oder krystallinische Körner eingesprengt sind. Das Wesentliche dieser Structur besteht also in dem Gegensatze einer Grundmasse von nicht mehr oder nur undeutlich erkennbaren Elementen (also von mikrokrystallinischer oder kryptokrystallinischer, zuweilen auch von hyaliner Natur) gegen die sehr deutlich erkennbaren Individuen, welche innerhalb derselben mehr oder weniger zahlreich ausgebildet sind. Verschwinden diese Körner und Krystalle, so verläuft die porphyrische Structur in die sogenannte dichte Structur; wird

dagegen die Grundmasse in ihren Elementen deutlich entwickelt, so dass ihre krystallinischen Individuen wohl erkennbar hervortreten, so geht die porphyrische Structur in die porphyrartige Structur über, welche sich an die S. 479 erwähnte ungleichmässig körnige Structur anschliesst. Porphyre aller Art, Kalkstein mit Pyroxenkrystallen, Gyps mit Quarzkrystallen liefern Beispiele der porphyrischen Structur.

2) Amygdaloidische Structur, oder Mandelsteinstructur; das Gestein zeigt eine feinkörnige bis dichte mit Blasenräumen erfüllte Grundmasse, deren Blasenräume gänzlich oder grösstentheils mit anderen Mineralien ausgefüllt sind. Da diese Ausfüllungen, wenn die Blasenräume eine etwas langgezogene und breitgedrückte Form haben, in ihrer Gestalt einer Mandel (*amygdalum*) ähneln, so hat man solche Gesteine Mandelsteine, und die ihnen eigenthümliche Structur amygdaloidische Structur genannt. Die Mandeln selbst sind theils klein, theils grösser, oder als wirkliche Geoden ausgebildet, und zeigen überhaupt alle die Verschiedenheiten der Form und Structur, welche oben in §. 151 genannt und erläutert worden sind. Gar nicht selten ist die amygdaloidische Structur mit planer Parallelstructur verbunden, wenn nämlich die Mandeln alle platt gedrückt sind, in welchem Falle ihre grössten Durchschnittsflächen einander parallel liegen; noch öfter ist eine lineare Parallelstructur zu beobachten, indem die Mandeln auffallend in die Länge gezogen und ihre längsten Axen nach derselben Richtung gestreckt sind.

3) Oolithische Structur; das Gestein besteht gänzlich oder grossentheils aus den oben S. 426 erwähnten kleinen kuglichen oder linsenförmigen Concretionen, welche scharf begränzt, und häufig mit einer concentrisch schaligen oder radial fasrigen Structur versehen sind. Diese, gewöhnlich hirsekorngrossen, selten erbsengrossen, concretionären Gesteins-Elemente werden von einer feinkörnigen, erdigen bis dichten, gleichartigen oder doch sehr ähnlichen Masse zusammengehalten, in welcher sie theils einzeln eingesprengt, theils aber so dicht gedrängt auftreten, dass sie sich gegenseitig berühren, und nur sehr wenig Raum für das sie verbindende Cäment übrig lassen. Die so entstehende Structur, deren Name von der Aehnlichkeit mit dem Rogen der Fische entlehnt ist*), kommt besonders bei vielen Kalksteinen und Eisenerzen der jurassischen Formation vor, weshalb auch diese Formation von den Englischen Geologen die Oolithformation genannt worden ist. Sie findet sich auch bei manchen Kalkmergeln der Buntsandsteinformation, welche daher den Namen Rogenstein erhalten haben. Die ganz ähnliche Structur des bekannten Carlsbader Erbsensteins wird bisweilen unter einem besonderen Namen, als pisolithische Structur aufgeführt, ist aber nur als eine äusserst regelmässige und vollkommene Ausbildungsform der oolithischen Structur zu betrachten. Auch kommen in einigen hyalinen Gesteinen, namentlich im Perlit, Obsidian und Pechstein so wie in manchen Porphyren**) ganz ähnliche, radial fasrige und concentrisch schalige, kleine Kugeln, oft in sehr grosser Menge vor, welche freilich ihrer Entstehungsart nach ganz anders zu deuten sind, als

*) In älteren Schriften sind dergleichen Gesteine auch bisweilen Cenchriten genannt worden, wegen der Aehnlichkeit ihrer Elemente mit Hirsekörnern.

**) Sehr selten findet sich etwas Aehnliches im Kieselschiefer.

die Oolithkörner jener Kalksteine, desungeachtet aber eine sehr ähnliche Gesteinsstructur vermitteln, welche man die sphärolithische Structur nennen könnte.

4) Variolitische Structur; sie ist nahe verwandt mit der zuletzt erwähnten sphärolithischen Structur, und besteht wesentlich darin, dass in einer dichten oder feinkörnigen, auch wohl schiefrigen Grundmasse kleine (meist erbsengrosse) rundliche Concretionen ausgeschieden sind, welche sich durch ihre Farbe und Consistenz, bisweilen auch durch eine undeutliche radial fasrige Textur von der Grundmasse unterscheiden, ausserdem aber mit derselben innig verwachsen und verflösst, also nicht scharf begränzt sind. Sie erscheinen daher auch im frischen Gesteine nur undeutlich contourirt, und werden gewöhnlich erst durch die Verwitterung recht sichtbar gemacht, welcher sie weniger unterworfen sind, als ihre Umgebung, weshalb sie dann auf der Oberfläche des Gesteins wie Pocken *(variolae)* hervorstehen. Gewisse Grünsteine, welche an der Durance in Geschieben vorkommen, zeigen die Structur recht deutlich, sind daher Variolite genannt worden, und haben auch zur Unterscheidung und Benennung dieser Structur Veranlassung gegeben. Nahe verwandt mit ihr ist die bei vielen anderen Grünsteinen vorkommende Structur, welche darin besteht, dass in der dichten Grundmasse zahlreiche rundliche oder eckige Körner von Kalkspath oder körnigem Kalk eingesprengt sind, welche gewöhnlich für Mandeln gehalten werden, mit denen sie aber, ungeachtet ihrer äusseren Aehnlichkeit, durchaus nicht verwechselt werden dürfen. Kalkgrünstein, Schalstein.

5) Durchflochtene Structur *(structure entrelacée)*; diese Structur findet sich besonders häufig in gewissen, aus Kalkstein und Thonschiefer zusammengesetzten Gesteinen, welche gewöhnlich als Kalkstein aufgeführt werden, weil dieser bei weitem vorzuwalten pflegt. Sie besteht wesentlich darin, dass der feinkörnige bis dichte Kalkstein linsenförmige oder flach ellipsoidische Wülste bildet, zwischen denen sich der Thonschiefer in dünnen Lamellen hinwindet. Der Schiefer stellt daher gleichsam ein Geflechte oder ein körperliches Netz mit Maschen von lanzettförmigen Querschnitten dar, deren Räume vom Kalkstein erfüllt werden. Da die grössten Durchschnittsflächen aller Kalksteinlinsen parallel liegen, so haben diese Gesteine eine sehr deutliche Parallelstructur. Viele Kalksteine der primären Formationen.

6) Durchtrümerte Structur. Das Gestein wird von vielen Trümern und Adern durchzogen, welche sich durch ihre Farbe und Structur, oft auch durch eine wesentlich verschiedene Natur von der Gesteinsmasse unterscheiden. Sie sind immer auf Spalten, Klüften und Rissen des Gesteins zur Ausbildung gelangt, und stellen bald parallele oder netzförmige Systeme, bald regellose Gewirre dar, in welchem letzteren Falle sie sich stellenweise zu unregelmässigen Nestern vereinigen. Diese durch das Auftreten von accessorischen Bestandmassen bedingte Structur kommt ziemlich häufig und bei sehr verschiedenen Gesteinen vor. Kieselschiefer oder Grauwacke mit Quarztrümern, Kalkstein mit Kalkspathtrümern, Serpentin mit Asbest- oder Chlorit-Trümern, Mergel mit Gypstrümern.

7) Lagenförmige Structur *(structure stratoide, Omalius d'Halloy)*. Das Gestein wird von zweierlei, wiederholt mit einander abwechselnden Lagen gebildet, deren mineralische Natur eine wesentlich verschiedene ist. Diese

Structur ist nicht selten mit der vorhergehenden verbunden. Thon und Mergel mit Lagen von Gyps oder Steinsalz; Kalkstein mit Thonschieferlagen, Kieselschiefer mit dergleichen.

§. 158. *Structur der klastischen Gesteine.*

Bei den klastischen Gesteinen werden die auffallendsten Verschiedenheiten der Structur durch die Grösse der einzelnen Gesteins-Elemente bedingt; nächstdem üben die Form, Lage und Vertheilung derselben einen wesentlichen Einfluss aus, indem solche namentlich die Ausbildung der planen Parallelstructur vermitteln.

Die Fragmente, aus welchen die klastischen Gesteine bestehen, sind entweder gross, so dass sie als förmliche Gesteinsstücke erscheinen, welche theils eckig theils abgerundet sein können. In diesem Falle lässt sich die Structur als Psephitstructur bezeichnen*), weil sich die betreffenden Gesteine als Aggregate grösserer oder kleinerer Steine darstellen. Werden die Fragmente kleiner, erscheinen sie nur als Brocken und Körner von der Grösse eines groben oder feinen Sandes, so könnte man die dann hervortretende Structur Psammitstructur nennen, unter Benutzung des von Hauy und Al. Brongniart für die Sandsteine vorgeschlagenen Namens Psammit. Verfeinern sich die Fragmente noch mehr, sinken sie zur Grösse bloser Staubkörner oder feiner Schüppchen herab, so erhält das aus ihnen bestehende Gestein ein Ansehen, welches mehr oder weniger an einen vertrockneten und erhärteten Schlamm, an Thon und dergleichen erinnert, daher sich für die Structur solcher Gesteine vielleicht das Wort Pelitstructur gebrauchen liesse**). Nach der Grösse ihrer Fragmente, oder des sie bildenden Gesteinsschuttes, würden sich also die klastischen Gesteine überhaupt als Psephite, Psammite und Pelite unterscheiden lassen***).

Die Psephite bestehen entweder aus scharfkantigen und eckigen Bruchstücken, oder aus abgerundeten Geschieben und Geröllen; hiernach unterscheidet man sie als Breccien und als Conglomerate. Auch hat man wohl noch einen weiteren Unterschied geltend gemacht, welcher

*) Von ψῆφος, ein kleiner Stein; *Al. Brongniart* brauchte schon in seiner *Classification minéralogique des roches* (*Journal des mines*, *t.* 34, *p.* 31 ff.) das Wort Psephit zur Bezeichnung der Conglomerate des Rothliegenden.

**) Von πηλός, Thon, Schlamm, Lehm.

***) Während sie insgesammt regenerirte Gesteine oder Anagenite sind, welches letztere Wort Hauy zur Bezeichnung der Conglomerate in Vorschlag brachte.

sich auf die Beschaffenheit des Cämentes oder Bindemittels gründet, indem man Breccien mit sehr vorwaltendem und krystallinischem Bindemittel **Brockengesteine**, dagegen Conglomerate mit derartigen Bindemittel **Puddingsteine** nannte. Die Breccien haben nur selten eine Anlage zur Parallelstructur; die Conglomerate dagegen können, theils durch parallele Ablagerung der grössten Durchschnittsflächen ihrer Geschiebe, theils durch einen lagenweisen Wechsel in der Grösse derselben, theils auch durch Einschaltung psammitischer und pelitischer Zwischenlagen eine mehr oder weniger ausgezeichnete Plattung erhalten.

In Bezug auf die **Grösse** der Fragmente giebt es bei den Breccien aufwärts fast keine Gränze; die Bruchstücke können ellengross, lachtergross und noch grösser auftreten. Dergleichen sehr grossstückige, aus wild durch einander gestürzten Felsblöcken bestehende Breccien haben ein höchst auffallendes, man möchte fast sagen, erschreckendes Ansehen, indem man bei ihrem Anblicke unwillkürlich an die gewaltsamen Ereignisse erinnert wird, durch welche ihre colossalen Fragmente gebildet und aufgehäuft worden sind. Die Conglomerate werden selten so grossstückig gefunden, weil ihre Fragmente weiter fortgeschafft und während des Transportes viel mehr zerkleinert worden sind; doch findet man nicht selten fuss- bis ellengrosse Geschiebe. Ausserdem bieten die Psephite in ihrer Structur keine besonders wichtigen Unterschiede dar, weil accessorische Gemengtheile und Bestandmassen bei ihnen zu den seltneren Erscheinungen gehören.

Die losen Geröll-Ablagerungen der Diluvial- und Alluvial-Formation machen jedoch hiervon eine Ausnahme, da sie bisweilen Gold, Zinnerz, Platin und mancherlei Edelsteine, als sehr werthvolle accessorische Gemengtheile umschliessen. Sogar die Conglomerate der Steinkohlenformation von Alais in Frankreich führen nach Dumas Goldkörner*). Auch die Diamanten kommen wenigstens in Ostindien ursprünglich in klastischen Gesteinen, nämlich in Quarz-Conglomeraten und Sandsteinen vor, welche einer sehr alten Formation angehören. Als ein interessantes Beispiel des Vorkommens von Secretionsgebilden sind die Kugeln zu erwähnen, welche sich nach Burkart in dem Conglomerate des Rothliegenden bei Winterburg und Heddesheim unweit Kreuznach finden. Sie sind hohl, concentrisch schalig, von einigen Zollen bis zu einem Fuss im Durchmesser; ihre äussere Rinde ist gelblichbrauner Eisenocker oder thoniger Sand; nach innen folgen concentrische Schalen von Braunspath und Arragonit, zuletzt auch noch bisweilen grosse Barytkrystalle**).

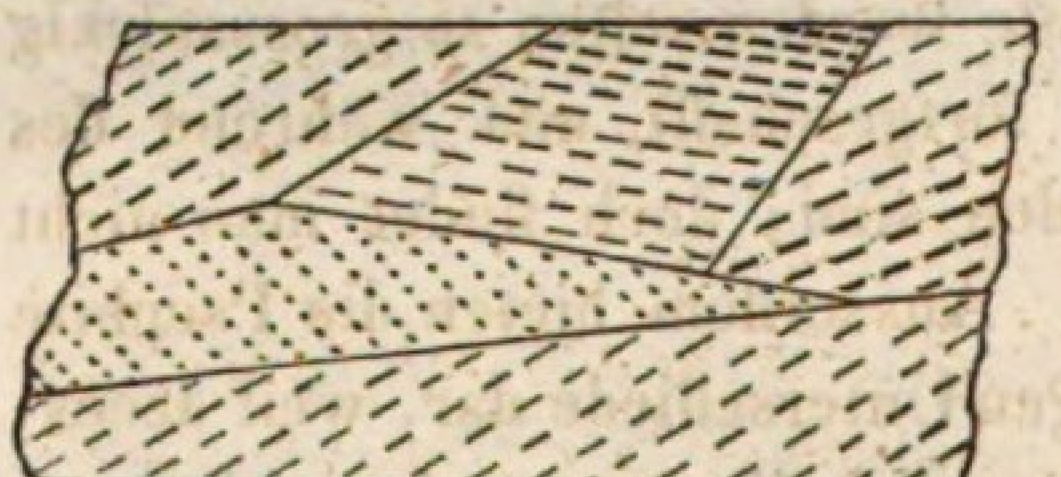
Die **Psammite** haben in der Regel eine körnige Structur, sind meist eckigkörnig, bisweilen rundkörnig oder plattkörnig, und erscheinen

*) *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série*, *t. III*, *p.* 574.

**) Nöggerath, Das Gebirge von Rheinland-Westphalen, Bd. IV, S. 157.

übrigens als einfache oder gemengte Psammite, je nachdem die Körner vorwaltend von einem einzigen Gesteine, oder von mehren verschiedenen Gesteinen (oder Mineralien) abstammen. (Quadersandstein und Buntsandstein, Grauwacke und Molasse.) Sie zeigen sehr häufig eine plane Parallelstructur, welche theils durch das Auftreten vieler Glimmerschuppen, theils durch eine lagenweise Abwechslung der Grösse des Korns, der Färbung oder Zusammensetzung des Gesteins, theils durch organische Einschlüsse und Abdrücke vermittelt wird. Wenn sich die Glimmerschuppen innerhalb einzelner Lagen sehr anhäufen, so können die Psammite sogar eine schiefrige Structur erhalten.

Am Sandsteine und losen Sande ist die Parallelstructur nicht selten auf eine ganz eigenthümliche Weise ausgebildet, indem sie nämlich innerhalb kurzer Distanzen plötzlich absetzt, und ohne irgend einen Uebergang eine ganz andere Richtung annimmt, so dass oft in einem und demselben Gesteinsblocke viele kleine Systeme von Parallelstructur unterschieden werden können, welche ohne alle Regel nach ganz verschiedenen Richtungen durch einander liegen, sich an einander abstossen, und gewöhnlich auch kleine Verschiedenheiten der Zusammensetzung, der Färbung und des Kornes erkennen lassen. Die beistehende Figur giebt eine Vorstellung von dieser merkwürdigen Structur, welche man die discordante Parallelstructur nennen könnte. Sie ist stellenweise in den Sandsteinen fast aller Formationen zu beobachten, vom Kohlensandsteine an bis zu den neuesten Sandablagerungen der Diluvialformation, kommt aber vorzüglich ausgezeichnet am Vogesensandstein und an den Gesteinen der Buntsandstein-Formation vor. Ihre Ursache ist jedenfalls darin zu suchen, dass das Wasser, aus welchem der Sand abgesetzt wurde, bald nach dieser, bald nach jener Richtung in starker Bewegung war, und Darwin glaubt, dass die Erscheinung mit der Bildung der Wellenfurchen oder Rippelmarken zusammenhängen dürfte, von welchen weiter unten die Rede sein wird*).



Innerhalb mancher Psammite sind viele krystallinische Körner, besonders von Quarz, zur Ausbildung gelangt, wodurch sie in semikrystallinische Gesteine übergehen, welche zuweilen eine porphyrartige Structur besitzen, wenn jene Körner als grössere, und mehr oder weniger vollkommene Krystalle in der Gesteinsmasse ausgestreut sind.

*) *Darwin, Geol. obs. on the volcanic islands*, 1844, *p.* 134. Man vergl. auch *Elie de Beaumont, Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, I,* 1830, *p.* 21. Die Erscheinung darf übrigens nicht mit der später zu erwähnenden transversalen Schieferung verwechselt werden.

(Mancher Braunkohlensandstein.) Ja, einige Quarzsandsteine bestehen fast ausschliesslich aus lauter kleinen Krystallen oder Krystall-Rudimenten von Quarz, und müssen daher eigentlich in die Classe der krystallinischen Gesteine verwiesen werden. (Viele Sandsteine der Buntsandstein-, Quadersandstein- und Braunkohlen-Formation.) Andere Psammite werden dadurch zu semikrystallinischen Gesteinen, dass sie ein sehr vorwaltendes krystallinisches Cäment besitzen. Endlich nehmen viele Psammite durch das Auftreten von accessorischen Bestandtheilen oder Bestandmassen eine eigenthümliche Structur an. (Glaukonitischer Sandstein, Sandstein mit Einsprenglingen von Bleiglanz, Kupferlasur u. a. Erzen, Sandstein mit Nestern, Trümern und Adern von Hornstein, mit Geoden von Quarz oder Kalkspath, u. s. w.)

Diejenigen Psammite, welche aus lauter Körnern quarzfreier und überhaupt kieselarmer Silicatgesteine bestehen, haben oft im Laufe der Zeiten durch äussere Agentien eine bedeutende Zersetzung erlitten, in Folge welcher sie ein sehr zerstörtes Ansehen, eine weiche morsche Beschaffenheit angenommen und die scharfe Abgränzung ihrer einzelnen Körner mehr oder weniger verloren haben. Dahin gehören viele von denjenigen klastischen Gesteinen, welche unter dem Namen von Tuffen aufgeführt und nach Maassgabe des Gesteins, von welchem ihr Material vorzugsweise abstammt, als Porphyrtuff, Grünsteintuff, Trachyttuff, Basalttuff, vulcanischer Tuff u. s. w. unterschieden werden.

Die Pelite endlich haben gewöhnlich eine groberdige, feinerdige oder dichte Beschaffenheit und ein so homogenes Ansehen, dass sie als scheinbar einfache Gesteine zu gelten pflegen; indessen sind sie sehr häufig Gemenge, wie denn schon in den meisten derselben, ausser den feinen klastischen Elementen (als feinem Quarzsand, Glimmerschüppchen u. s. w.), auch das bald krystallinische, bald amorphe Cäment (kohlensaurer Kalk, Thon) unterschieden werden muss. Plane Parallelstructur ist bei den Peliten eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Sie wird bedingt theils durch einen Gehalt vieler mikroskopischer Glimmerschuppen, theils durch die lagenweise Oscillation der Gesteinsbeschaffenheit nach Farbe, Korn, Härte u. s. w. theils durch eingeschlossene organische Ueberreste. Oft ist diese Parallelstructur so vollkommen und in so feinem Maassstabe ausgebildet, dass das Gestein eine ausgezeichnete schiefrige Structur erhält, welche in der Regel auf einen reichlichen Gehalt von Glimmer-, Talk- oder Chloritschuppen schliessen lässt. (Thonschiefer, Schieferthon.) Dagegen giebt es aber auch viele Pelite, die keine Spur von Parallelstructur erkennen lassen. (Thon, Lehm, viele feine Porphyrtuffe oder sogenannte Thonsteine.) Durch eingesprengte accessorische Bestandtheile

erhalten die Pelite zuweilen eine porphyrartige Structur, durch accessorische Bestandmassen aber eine durchtrümerte oder lagenförmige Structur. (Thon oder Mergel mit Adern, Trümern oder Lagen von Gyps.)

Manche kryptomere zoogene Gesteine, z. B. Polirschiefer, Kreide, erscheinen dem blosen Auge wie Pelite, und können nur durch mikroskopische Untersuchung für das erkannt werden, was sie eigentlich sind. Ueberhaupt ist zu erwarten, dass die mikroskopische Prüfung der kryptomeren klastischen Gesteine noch manche Aufschlüsse über ihre eigentliche Natur liefern wird, welche bei manchen derselben noch eben so wenig bekannt ist, wie bei vielen kryptomeren krystallinischen Gesteinen.

§. 159. *Structur der amorphen Gesteine.*

Da die amorphen Gesteine eigentlich aus gar keinen discreten, oder räumlich abgegränzten Gesteins-Elementen, sondern aus einer dichten, stetig ausgedehnten Masse bestehen, so kann auch bei ihnen eine Structur nur durch innere Trennungen oder Discontinuitäten, durch Schwankungen in der Beschaffenheit dieser Masse, oder durch das Auftreten von Blasenräumen, von accessorischen Bestandtheilen und Bestandmassen hervorgerufen werden.

Die hyalinen Gesteine (S. 427), zu welchen besonders die Obsidiane, die Pechsteine und Perlite gehören, erhalten oft eine porphyrische Structur, indem sie Feldspathkrystalle, Glimmerblätter oder Quarzkörner umschliessen. Der Obsidian und der Perlit nehmen eine sphärolithische Structur an, indem sie viele kleine (hirsekorn- bis erbsengrosse) Sphärolithkugeln von radialfasriger Zusammensetzung enthalten, welche besonders in den Perliten oft so zahlreich vorkommen, dass sie einen sehr wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins haben; sie sind dann gewöhnlich lagenweise innerhalb paralleler Flächen vertheilt, wodurch eine sehr deutliche Parallelstructur verursacht wird. Dieselben beiden Gesteine sind nicht selten mit kleinen Blasenräumen erfüllt, welche leer, aber meist breit gedrückt oder auch lang gezogen sind, und solchergestalt eine plane oder lineare Parallelstructur hervorrufen. Werden diese Blasenräume immer zahlreicher, so entwickelt das Gestein eine schwammige oder schaumig aufgeblähte Structur, und geht in die verschiedenen Varietäten von Bimsstein über.

Der Pechstein ist zuweilen körnig abgesondert; dieselbe Erscheinung kommt weit häufiger bei dem Perlite vor, dessen rundliche Körner von dünnen krummschaligen Gesteinslagen umschlungen werden, wodurch jene eigenthümliche, zugleich rundkörnige und gewunden schalige Structur zum Vorschein kommt, welche für die ausgezeichneten Varie-

täten des Perlites so charakteristisch zu sein pflegt. Gar nicht selten wird in allen diesen hyalinen Gesteinen eine recht deutliche plane Parallelstructur dadurch hervorgebracht, dass eine lagenweise Abwechslung in der Beschaffenheit des Gesteins, besonders in der Färbung, in der mehr oder weniger glasartigen Natur desselben Statt findet; eine Abwechslung, welche bisweilen in so feinem Maassstabe ausgebildet ist, dass die einzelnen Gesteinszonen fast papierdünn erscheinen. Auch zeigt sich mitunter eine ganz regellose krummschalige Structur, bei welcher die einzelnen Gesteinszonen so verworren hin und her gebogen und durch einander gewunden sind, dass die auf der Gesteinsoberfläche, gewöhnlich erst nach der Verwitterung recht sichtbar hervortretenden Windungen an die Zeichnung der marmorirten Papiere erinnern.

Die porodinen Gesteine, zu welchen besonders der Flint (oder Feuerstein), der Opal und die reinen Thone gehören, zeigen sehr wenige Modalitäten der Structur; am häufigsten trifft man noch eine, durch lagenweise abwechselnde Nüancen der Farbe ausgebildete Parallelstructur, durch welche der Opal bisweilen zu einem förmlichen Opalschiefer wird, dessen schiefrige Structur in einigen Fällen durch das Auftreten organischer Ueberreste (Cyprisschalen, Fischabdrücke) oder durch eingemengte Glimmerschuppen in hohem Grade gesteigert wird. Der einfarbige Thon lässt gewöhnlich gar keine Structur erkennen, wenn man nicht die höchst feinerdige Zusammensetzung als eine solche betrachten will. Ist er dagegen mit Glimmerschüppchen gemengt, oder hält er eingeschwemmte Schweife und Lagen von Sand, so entwickelt er eine Parallelstructur, welche ihn im ersteren Falle als Schieferthon erscheinen lässt, dessen Parallelstructur nicht selten durch organische Ueberreste (zumal Pflanzenabdrücke) ausserordentlich gehoben wird.

Die reinen Thone, der Kaolin und ähnliche porodine Gesteine haben freilich einen pelitartigen Habitus, und werden daher auch oft zu den mechanisch gebildeten schlammartigen Gesteinen gerechnet, obgleich sie aus der chemischen Zerstörung anderer Gesteine hervorgegangen sind, und ihr schlammartiges Substrat nicht durch Zerreibung, sondern durch Zersetzung geliefert worden ist. Man könnte derartige Gesteine als dialytische Gesteine bezeichnen. Wenn die Zersetzung des ihnen zu Grunde liegenden Materials an Ort und Stelle Statt fand, so dass das Product derselben noch gegenwärtig dieselbe Lagerstätte einnimmt, wie das frühere unzersetzte Gestein, so fällt das dialytische Gestein eigentlich in die Kategorie der metamorphischen Bildungen (S. 441). Wenn aber das Product der Zersetzung als feiner Schlamm fortgeschwemmt und an anderen Orten abgelagert wurde, wie diess mit den meisten Thonen der Fall gewesen ist, so kann das dialytische Gestein wenigstens insofern mit in die Kategorie der klastischen Gesteine gezogen werden, wiefern der Zersetzungsschlamm auf ähnliche Weise vom Wasser fortgeführt und

abgesetzt worden ist, wie der durch Zerreibung gebildete Schlamm, und wiefern beide Arten von Schlamm sehr häufig durch einander gemengt sind. Sollte das Material der sogenannten Urthonschiefer durch einen energischen und tief eingreifenden Zersetzungs-Process gebildet worden sein, welchem die Erstarrungskruste des Planeten von ihrer Oberfläche weg ausgesetzt gewesen ist, so würde allerdings die Abtheilung der dialytischen Gesteine durch ein sehr wichtiges Glied vermehrt werden. Aber auch dann würden diese Schiefer, so wie sie gegenwärtig vor uns erscheinen, als metamorphische Gesteine zu betrachten sein, weil innerhalb des Zersetzungsschlamms chemische und krystallinische Umbildungen Statt gefunden haben müssen, durch welche allein der jetzige Habitus der Urthonschiefer zu erklären ist. Die unzweifelhaft dialytischen Gesteine lassen sich aber theils zu den amorphen Gesteinen rechnen, wenn sie ganz rein sind, theils zu den klastischen Gesteinen, wenn sie mit sehr viel Sand, Glimmerschüppchen und anderen klastischen Elementen verunreinigt sind, was allerdings in der Regel der Fall zu sein pflegt. Uebrigens hat auch das Material mancher, ursprünglich in der Form von Psammiten und Peliten abgesetzten Gesteine im Laufe der Zeiten eine so gänzliche Zersetzung und innere Umbildung erlitten, dass sie gegenwärtig als amorphe Gesteine erscheinen; so z. B. der Palagonittuff und wohl auch manche andere sehr feine und homogene Tuffe.

§. 160. *Spaltbarkeit und Bruch der Gesteine.*

Ein paar mit der Structur der Gesteine auf das Innigste zusammenhängende und wesentlich von ihr abhängige Erscheinungen sind die Spaltbarkeit und der Bruch der Gesteine.

Spaltbarkeit eines Gesteins ist die Fähigkeit, sich nach ebenen und parallelen Flächen in Platten und Tafeln schlagen oder brechen zu lassen, ohne dass doch diese Flächen durch schon vorhandene Klüfte oder Fugen präformirt sind. Dieses letztere, negative Merkmal unterscheidet die Erscheinung von der plattenförmigen Absonderung und Schichtung. Es findet sich diese Eigenschaft lediglich bei Gesteinen von planer Parallelstructur, und zwar um so vollkommener, je vollkommener, feiner und regelmässiger die Parallelstructur selbst ausgebildet ist; daher ganz vorzüglich bei Gesteinen von schiefriger Structur, deren Spaltbarkeit bisweilen fast der des einfachen Minerals zu vergleichen ist, indem die Spaltung bis auf äusserst dünne Lamellen fortgesetzt werden kann. Dergleichen Gesteine liefern daher scheibenförmige oder plattenförmige Bruchstücke.

Aber auch flasrige, körnig-schiefrige, schuppige und selbst körnige und dichte Gesteine können eine recht deutliche Spaltbarkeit in mehr oder weniger dicke Platten besitzen, sobald nur die Parallelstructur durch parallele Ablagerung oder lagenweise Vertheilung gewisser Ge-

mengtheile, Bestandmassen oder Einschlüsse einigermaassen vollkommen entwickelt ist. So giebt es z. B. selbst Trachyte und Mandelsteine, welche durch parallele Feldspathkrystalle oder Blasenräume die Fähigkeit erhalten, in Platten gespalten zu werden.

Bei allen solchen mit planer Parallelstructur versehenen Gesteinen unterscheidet man den Hauptbruch und den Querbruch, indem man unter dem erstern die der Structurfläche parallelen, unter dem andern die darauf mehr oder weniger rechtwinkeligen Bruchflächen versteht. Der Hauptbruch ist um so ebener und glatter, je vollkommener die Parallelstructur selbst ist; er lässt oft nur einen der Gemengtheile erkennen, daher die Zusammensetzung solcher Gesteine sich besonders in ihrem Querbruche recht deutlich zu erkennen giebt.

Gesteine mit ausgezeichneter linearer Parallelstructur oder Streckung lassen sich zuweilen in scheitförmige oder stängliche Bruchstücke schlagen; wenn diess aber auch nicht der Fall ist, so wird doch das Gestein, bei zugleich vorhandener planer Parallelstructur, eine Neigung zeigen, seine plattenförmigen Bruchstücke mit einer vorherrschenden Längendimension zu liefern, welche der Streckungsrichtung entspricht. In solchen Fällen lässt sich, ausser dem Hauptbruche, ein Querbruch und ein Längenbruch unterscheiden, deren Bruchflächen zwar beide die Structurfläche unter grossen Winkeln durchschneiden, während die des Querbruches auf den Structurlinien fast rechtwinkelig, jene des Längenbruches diesen Linien fast parallel sind. Der Hauptbruch ist es, auf welchem sich die Streckungslinien deutlich zu erkennen geben.

Gesteine von Massivstructur, oder auch solche, in welchen die Parallelstructur sehr unvollkommen oder in sehr grossen Intervallen ausgebildet ist, lassen auch nach verschiedenen Richtungen keine auffallende Verschiedenheit des Bruches erkennen. Ihr Bruch ist entweder eben, oder uneben, oder muschlig im Grossen, und zeigt ausserdem entweder eine glatte, oder eine körnige, oder eine splittrige, oder auch eine erdige Beschaffenheit im Kleinen. Sie liefern meist unbestimmt eckige, ganz regellos gestaltete Bruchstücke, welche theils scharfkantig, theils stumpfkantig sind.

Eine merkwürdige, hier zu erwähnende Erscheinung ist es, dass einige Gesteine, welche keine Spur von Parallelstructur zeigen, desungeachtet die Eigenschaft besitzen, sich nach einer bestimmten Richtung etwas leichter brechen und behauen zu lassen, als nach anderen Richtungen. Bei Sandsteinen und Kalksteinen ist solches ziemlich häufig der Fall; aber auch der Granit lässt diese Eigenschaft nicht selten erkennen, welche den Steinbrechern recht wohl bekannt ist, und von ihnen bei dem Brechen der Granitplatten benutzt wird. Sie findet bei ihm gewöhnlich in fast horizontaler Richtung Statt, ist mit einer

Neigung zu dick plattenförmiger Absonderung verbunden, und begründet wohl auch die Erscheinung, dass die freistehenden Granitfelsen sehr häufig in horizontale dicke Bänke abgesondert sind, welche wie Matrazen oder breite Wollsäcke über einander liegen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass das ganze Phänomen in gewissen, lagenweise wechselnden Differenzen der Festigkeit oder auch der inneren Spannung des Gesteins seinen Grund hat, welche vielleicht mit der Propagationsrichtung seiner ursprünglichen Erstarrung in Beziehung stehen dürften. Schon früher haben Saussüre, Pötzsch und Charpentier die Aufmerksamkeit auf diesen Gegenstand gelenkt. Pötzsch erwähnt, dass die Steinmetze von Putzkau in der Lausitz diese Eigenschaft des Granites die Gahre nennen, und bei der Bearbeitung von Schwellen und Platten sorgfältig berücksichtigen, weil sich der Stein rechtwinkelig auf die Gahre weit schwerer abnutzt, als parallel derselben*). Charpentier führt als Beispiel den Granit der Greifensteine bei Geyer an, aus welchem auch Mühlsteine gefertigt werden, und bemerkt, dass nach der Versicherung der Steinmetze die Mühlsteine sich allemal leichter zurichten und bearbeiten lassen, wenn ihre Grundflächen den Steinlagen parallel sind, als umgekehrt. Im ersten Falle sagen sie, der Stein sei auf der Bahn, im andern Falle, er sei auf dem Kopf gehauen. Ein auf dem Kopf gehauener Stein nutzt sich auch weit später ab, als ein auf der Bahn gehauener. Charpentier schliesst hieraus, diese Beschaffenheit des Granites beweise ohne Zweifel, dass er, ungeachtet seines körnigen Ansehens, doch eine nach bestimmter Richtung geordnete Lage seiner Gemengtheile habe**). Es scheint, dass es zum Theil dieselbe Eigenschaft der Granite ist, welche Sedgwick in seiner Abhandlung über die Structur der Gebirgsarten unter dem Namen *the grain* verstanden wissen will***).

C. Morphologie der Gesteine.

§. 161. *Gesteinsformen; Fugen und Klüfte; Uebersicht.*

Nachdem wir die wichtigsten Structur-Verhältnisse der Gesteine kennen gelernt haben, verschreiten wir zur Betrachtung der mancherlei Formen, in denen die Gesteine auftreten. Allein nicht die äusseren Formen, in welchen sich ein Gestein gegen andere, wesentlich verschiedene Gesteine begränzt zeigt, sondern nur die inneren Formen, welche innerhalb eines und desselben Gesteins unterschieden werden

*) Bemerkungen und Beobachtungen über das Vorkommen des Granites u. s. w., 1803, S. 140.

**) Beobachtungen über die Lagerstätte der Erze, 1799, S. 197.

***) Karsten's und v. Dechen's Archiv für Mineralogie u. s. w., Bd. X, 1837, S. 616.

können, sind es, welche uns an gegenwärtigem Orte zunächst beschäftigen*).

Unter inneren Gesteinsformen verstehen wir die, innerhalb einer und derselben Gesteinsart durch wirkliche, mehr oder weniger deutliche Trennungsflächen bestimmten Gestalten. Diese Formen werden also durch das Dasein innerer Trennungsflächen bedingt, welche den stetigen Zusammenhang des Gesteins unterbrechen, oder dasselbe in verschiedentlich gestaltete Körper absondern, weshalb sie auch allgemein als Absonderungsflächen bezeichnet werden können.

Die inneren Gesteinsformen lassen sich nach ihrer Entstehung und ursprünglichen Ursache zuvörderst als anorganische und organische Formen unterscheiden. Die anorganischen Gesteinsformen sind solche, welche lediglich durch gewisse, während und nach der Bildung des Gesteins thätig gewesene chemische, krystallinische oder mechanische Kräfte entstanden sind; die organischen Formen dagegen sind die von organischen Körpern auf das Gestein übergetragenen Formen, und erscheinen daher entweder als Zoomorphosen oder als Phytomorphosen, je nachdem sie von Thier- oder von Pflanzenkörpern abstammen. Diese organischen Gesteinsformen finden sich in einer erstaunlichen Manchfaltigkeit, und gehören in das Gebiet der Paläontologie, weil sie nur als besondere Ausbildungsformen organischer Ueberreste zu betrachten sind, zu welchen irgend eine Gesteinsmasse das Material geliefert hat. Daher haben wir es auch an gegenwärtigem Orte nur mit den anorganischen Gesteinsformen zu thun, welche sich auch als solche bezeichnen lassen, deren Begränzungsflächen nicht durch die Formen organischer Körper geliefert worden sind.

Die Begränzungs- oder Absonderungsflächen der anorganischen Gesteinsformen geben sich aber ihrer Entstehung und ihrem Wesen nach als zweierlei sehr verschiedene zu erkennen. Sie entstanden entweder unmittelbar bei und während der Bildung des Gesteins, indem sich ein Gesteinskörper successiv oder simultan an den andern anlegte; oder sie entstanden erst nach der Bildung und Festwerdung des Gesteins, durch eine innere Contraction und eine damit verbundene Zerberstung oder Zerklüftung desselben. Hiernach unterscheiden wir die Absonderungsflächen als Fugen und als Klüfte. Die Gesteinsfugen sind also

*) Nur eine der hier zu betrachtenden Formen ist es, welche auch zugleich als äussere Form, als Begränzungsform der Gesteine vorkommt, nämlich die Schichtenform; daher solche von diesem Gesichtspuncte aus später nochmals zu berücksichtigen ist.

eigentlich Zusammensetzungsflächen, die Gesteinsklüfte dagegen sind Trennungsflächen*); denn in jenen wurden zwei Gesteinskörper an einander gefügt, durch diese dagegen ist ein Gesteinskörper in seinem Zusammenhange unterbrochen worden.

Die Fugen wie die Klüfte sind grösstentheils ziemlich ebenflächig ausgedehnt, bedingen aber natürlich in allen Fällen das Dasein zweier, einander correspondirenden Gesteinsflächen oder Gesteinswände, welche sich entweder in allen Puncten vollkommen berühren, oder durch einen, gewöhnlich sehr schmalen Zwischenraum abgesondert zeigen, welches eben der Fugenraum oder Kluftraum ist. Aber auch diese Räume sind häufig nicht mehr leer, sondern mit fremdartigen Mineralsubstanzen ausgefüllt. Man unterscheidet daher die Fugen und Klüfte als geschlossene und offene, und die letzteren als leere und ausgefüllte.

Was die Oberflächenbeschaffenheit der Kluft- und Fugenflächen betrifft, so ist solche sehr verschieden; bald glatt, bald rauh; nicht selten striemig, gefurcht, gerieft oder gestreift; übrigens aber in vielen Fällen durch mancherlei kleinere Unebenheiten ausgezeichnet, von welchen wir besonders bei den Schichtungsflächen mehre Beispiele kennen lernen werden.

Eine bei den Gesteinsfugen nur selten, bei den Gesteinsklüften aber ziemlich häufig vorkommende Erscheinung ist diejenige Ausbildungsweise ihrer Flächen, welche durch die Worte Rutschfläche, Reibungsfläche oder Spiegelfläche ausgedrückt wird. Die einander zugewendeten Kluftflächen zeigen nämlich eine geglättete, polirte, bisweilen spiegelglatte Oberfläche, auf welcher jedoch geradlinige, parallele Furchen und Riefen, Ritze und Streifen hinlaufen, welche einander gegenseitig so vollkommen correspondiren, dass jede Riefe der einen Fläche in eine Furche der anderen Fläche passt, und umgekehrt. Die ganze Erscheinung lässt sich mit Nichts besser vergleichen, als mit den glatten aber striemigen Flächen, welche der Hemmschuh eines schweren Lastwagens auf einer Chaussee hervorbringt. Und in der That dürfte sie wohl auch in den meisten Fällen auf ähnliche Weise zu erklären sein, indem wir nämlich annehmen, dass beide Kluftflächen durch eine Bewegung der die

*) Dieser sehr wichtige, aber nicht immer gehörig beachtete Unterschied ist ausserhalb Teutschland schon früher durch besondere Namen hervorgehoben worden. So unterschied *Omalius d'Halloy* schon in seinen *Eléments de Géologie* sehr richtig *joint* und *fissure*, und erklärte sich gegen den sehr unrichtigen Gebrauch des Wortes Schichtungskluft, *fissure de stratification*; (a. a. O. S. 59). Auch viele Englische Geologen machen denselben Unterschied.

Kluft begränzenden Gesteinskörper eine sehr gewaltsame Friction erlitten, und dadurch gestreift und polirt wurden. Die Richtung der Statt gefundenen Bewegung wird durch die Richtung der Streifen bezeichnet, welche nicht unpassend Frictionsstreifen genannt worden sind. Bisweilen waren es weichere, nachgiebige Massen, z. B. Schieferthon, Steinkohle, welche in ähnlicher Art eine gewaltige Pressung und innere Verschiebung ihrer bereits abgesonderten Theile erfuhren, wodurch diese letzteren mit grosser Kraft in einander gewürgt und gequetscht wurden, was nicht nur eine Glättung und Streifung, sondern auch eine Biegung und Krümmung ihrer Begränzungsflächen zur Folge hatte. Dergleichen Rutschflächen lassen sich füglich als Quetschflächen bezeichnen.

Diese inneren, im Gesteine eingeschlossenen Rutsch- und Spiegelflächen sind von den ganz ähnlichen, aber blos oberflächlich ausgebildeten Flächen zu unterscheiden, auf welche wir in einem der nächsten Abschnitte zu sprechen kommen werden. Die wesentliche Eigenthümlichkeit derselben besteht darin, dass sie ursprünglich stets im Gesteine selbst enthalten sind, und dass allemal zwei, einander correspondirende Spiegelflächen (Spiegel und Gegenspiegel) existiren.

Die anorganischen Gesteinsformen lassen sich, so weit sie innere Formen sind, etwa in folgende vier Abtheilungen bringen:

a) Stratificationsformen oder Schichten, hervorgebracht durch die successive Ablagerung des Gesteins;
b) Contractionsformen, hervorgebracht durch einen inneren Rückzug der Gesteinsmasse während der Abkühlung oder Austrocknung derselben;
c) Aggregationsformen, hervorgebracht durch den gegenseitigen Druck der gleichzeitig neben und über einander sich entwickelnden Gesteinskörper; und
d) Concretionsformen, wohin wesentlich nur die durch sphäroidische Gesteinsstructur bedingten Formen gehören.

Die Contractionsformen werden von Gesteinsklüften, die übrigen Formen dagegen von Gesteinsfugen begränzt.

a) Stratificationsformen.

§. 162. *Begriff und allgemeine Verhältnisse der Schichten.*

Es ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, dass Gesteinsmassen durch zwei, einander völlig oder doch beinahe parallele Flächen begränzt werden, welche, bei sehr grosser Ausdehnung,

einen verhältnissmässig geringen Abstand von einander haben. Wir wollen eine solchergestalt begränzte Gesteinsmasse, indem wir sie von indefiniter*) Ausdehnung denken, mit dem Namen Parallelmasse belegen. Bei genauerer Untersuchung bemerkt man gewöhnlich, dass solche Parallelmassen eine mehr oder weniger deutliche plane Parallelstructur des Gesteines besitzen, deren Structurfläche mit der Ausdehnung jener Gränzflächen vollkommen übereinstimmt (§. 153). Endlich findet man, dass immer mehre solcher Parallelmassen mit einander, in völliger Uebereinstimmung ihrer gegenseitigen Lage, verbunden zu sein pflegen, indem sie theils über, theils neben einander liegen.

Eine solche Parallelmasse von bedeutender aber indefiniter Ausdehnung, welche mit mehren ähnlichen Massen von gleicher Lage verbunden ist, und in der Regel eine gleichsinnige Parallelstructur des Gesteins erkennen lässt, nennt man eine Schicht *(couche, strate)*. Dieser Name ist zwar von der Entstehungsweise der meisten Schichten entlehnt, indem er eine successive Ablagerung und Aufschichtung des Gesteins aus seinen Elementen ausdrückt; er hat sonach eigentlich eine genetische Bedeutung; doch können wir auch von dieser Bedeutung abstrahiren, indem wir uns nur an die, in vorstehender Definition aufgenommenen und in der unmittelbaren Erscheinung der Schichten hervortretenden Merkmale halten.

Die Schichtung *(stratification)* oder die Zusammensetzung einer grösseren Gesteinsmasse aus solchen Schichten ist nun aber unstreitig das wichtigste unter allen morphologischen Verhältnissen der Gesteine, daher wir auch solches mit besonderer Aufmerksamkeit zu betrachten haben.

Jede Schichtung setzt eine Discontinuität der Entwicklung, eine durch Intermittenzen oder Pausen periodisch unterbrochene Ausbildung des betreffenden Gesteins voraus. Dabei ist es jedoch ganz gleichgiltig, auf welche Weise diese Ausbildung selbst vor sich gegangen ist, sobald nur das Resultat derselben in der Form weit ausgedehnter und regelmässig auf einander folgender Parallelmassen vorliegt. Jede einzelne Schicht entspricht also einer besonderen Bildungsperiode, einem besonderen Ablagerungsacte; die Trennungsfläche je zweier unmittelbar an einander gränzender Schichten aber bezeichnet die Pause oder die Unterbrechung, welche in der Entwicklung des Gesteins Statt gefunden hatte.

*) Das heisst von unbestimmter Ausdehnung, sowohl nach der Grösse derselben, als auch nach der besonderen Art und Weise ihrer Begränzung.

Mohs, welcher sich besonders genau mit dem Wesen der Schichtung und mit der Feststellung ihrer Merkmale beschäftigte, erklärt ebenfalls die Unterbrechung oder den Stillstand in der Bildung als den eigenthümlichen Charakter der Schichtung, und ist geneigt, solche gar nicht für ein Structur-Verhältniss, sondern nur für ein Zeit- oder Bildungs-Verhältniss zu halten, womit auch der bekannte bergmännische Sprachgebrauch, eine Arbeitszeit Schicht zu nennen, übereinstimme; (Die ersten Begriffe der Min. u. Geogn., II, S. 123). Uns aber scheint es, dass die Schichtung allerdings ein Form- und ein Structur-Verhältniss ist, in welchem sich jedoch gewisse Zeit- und Bildungs-Verhältnisse ausdrücken.

Der einfachste und verständlichste Fall der Schichtung ist der, wenn sich z. B. auf dem Grunde eines Landsees die im Laufe der Zeiten in sein Bassin hinausgeschwemmten Materialien lagenweise abgesetzt haben. Dieser Absatz wird, eben so wie die Zuschwemmung, periodisch stärker und schwächer erfolgt sein; zur Zeit des Frühjahrs, wo sich alle in das Bassin einfliessenden Bäche und Ströme im Fluthzustande befinden, da werden sie sehr viel Sand und Schlamm in das Bassin hinausfördern, welche dort in dem ruhigen Wasser zu Boden sinken, und eine mehr oder weniger mächtige Schicht bilden müssen, je nachdem der aufgeregte Zustand aller jener Zuflüsse eine längere oder kürzere Zeit gewährt hat. Sinken diese Zuflüsse endlich auf ihren gewöhnlichen Wasserstand zurück, so klärt sich ihr Wasser, und die Sedimentbildung auf dem Grunde des Bassins wird unterbrochen, bis der Herbst oder der nächste Frühling eine Wiederholung derselben Ereignisse herbeiführt. So wird denn im Laufe der Zeiten eine Sand- und Schlammschicht nach der andern auf dem Bassingrunde zur Ablagerung kommen, und alle diese Schichten werden in der Regel eine ziemlich horizontale Lage behaupten*). Auf ähnliche Weise können sich in einem Landsee oder auch in einem Meeresbassin ganze Systeme von Schieferthonschichten, oder von Kalksteinschichten ablagern, wenn sehr feiner glimmerreicher Schlamm oder wenn kohlensaurer Kalk eingeführt wird. Die solchergestalt als Bodensätze oder Sedimente aus dem Wasser gebildeten Schichten nennt man wegen dieser Entstehungsweise sedimentäre Schichten oder Sedimentschichten.

Es können aber auch Schichten auf eine ganz andere Weise gebildet werden. Denken wir uns z. B., dass auf dem tiefen Meeresgrunde Lava zum Ausbruche gelangt, so wird solche durch den Druck des auf ihr lastenden Wassers zu einer mehr oder weniger horizontalen Ablagerung von der Form einer Parallelmasse ausgebreitet werden. Wiederholten sich nun dergleichen Ausbrüche im Laufe der Zeiten, so konnte sich ein ganzes System von horizontal über einander liegenden Parallelmassen eines lavaartigen Gesteins ausbilden, auf welches im Allgemeinen der Begriff der Schichtung eben so wohl anwendbar ist, wie auf das vorher betrachtete System von Sandschichten, obgleich in diesem Falle das Kriterium gewöhnlich vermisst werden wird, dass jede Schicht eine gleichsinnige Parallelstructur des Gesteins besitzt; was in der verschiedenen Bildungsweise der beiderlei Schichten seinen Grund hat,

*) Doch werden wir weiter unten sehen, dass namentlich am Rande der Bassins auch Schichten von ziemlich stark geneigter Lage zur Ausbildung gelangen können.

indem das Material der Sandschicht successiv, das Material der Lavaschicht dagegen mit einem Male abgelagert worden ist. Man könnte derartige Schichten, weil sie durch eine gleichmässige Ergiessung und Ausbreitung ihres Materiales entstanden sind, Effusionsschichten oder effusive Schichten nennen. In beiden bisher betrachteten Fällen aber ist es eine anogene, eine von unten nach oben fortschreitende Bildung, durch welche das Schichtensystem zur Entwicklung gelangte, indem die unterste Schicht die zuerst, die oberste Schicht die zuletzt gebildete ist.

Auf der Oberfläche eines stehenden Wassers bilden sich im Winter durch den Frost Eisschichten aus, und hier ist der Fortgang der Bildung in entgegengesetzter Richtung erfolgt. Die oberste Schicht wurde zuerst gebildet, und wie die Erkaltung allmälig nach unten vorwärts schritt, so legte sich eine Eisschicht nach der anderen an der Unterseite der vorher gebildeten Schicht an. Es fand also hier eine katogene Bildung der Schichten Statt. Denken wir uns den Erdball ursprünglich in einem feurigflüssigen Zustande, so würden wir uns wohl die Ausbildung seiner ersten Erstarrungskruste durch einen ähnlichen katogenen Krystallisationsprocess zu erklären haben, welcher auch noch gegenwärtig an der Innenseite der Erdveste im Gange sein mag. Es giebt aber auch viele geschichtete krystallinische Gesteine (z. B. Gneiss, Glimmerschiefer), bei welchen wir uns über die eigentliche Ausbildungsweise ihrer Schichten noch gar keine bestimmte Vorstellung bilden können, daher sie theils als katogene Erstarrungsschichten, theils als metamorphische Sedimentschichten betrachtet werden, ohne dass sich die eine oder die andere dieser Ansichten bis zur völligen Evidenz beweisen liesse. Wir würden sie daher eigentlich kryptogene Schichten nennen müssen, wollen sie aber einstweilen mit Lyell als hypogene Schichten aufführen.

Endlich lässt sich noch eine Ausbildungsweise der Schichtung denken. Stellen wir uns z. B. vor, eine feurigflüssige und während ihrer langsamen Erstarrung krystallisirende Masse sei zwischen zwei parallelen, zugleich Druck und Widerstand ausübenden Flächen eingeschlossen, so wird die Erkaltung und folglich auch die Erstarrung zunächst von diesen Gränzflächen aus erfolgen, und in einer diesen Flächen parallelen Richtung von aussen nach innen zu fortschreiten. Sind nun in der erstarrenden Masse die Bedingungen zur Entwicklung vieler lamellaren Individuen (z. B. vieler Glimmerkrystalle) gegeben, so wird jedes solche Individuum, in Folge des Druckes, eine der Gränzfläche parallele Lage annehmen, und das Gestein mit einer mehr oder weniger deutlichen planen Parallelstructur versehen werden. Schreitet ausserdem der Erstarrungsprocess nicht stetig, sondern mit periodischen Intermittenzen vorwärts, so wird das Gestein eine Abtheilung in Schichten erhalten, welche von beiden Seiten her den äusseren Gränzflächen parallel liegen, und, wenn diese selbst nach oben divergiren, eine ähnliche Divergenz zeigen müssen. Befand sich die ganze Masse während des Fortgangs der Erstarrung in einer regelmässigen auf- und niedersteigenden Bewegung, so wird sich zugleich innerhalb jeder Schicht eine mehr oder weniger deutliche lineare Parallelstructur oder Streckung des Gesteins ausbilden. Man könnte solche Schichten, weil bei ihrer Bildung nothwendig die Einwirkung eines fortwährenden Druckes vorausgesetzt wird, Compressionsschichten nennen.

Die beiden, einander parallelen Begränzungsflächen einer Schicht nennt man die Seitenflächen derselben oder auch die Schichtungsflächen, und unterscheidet solche nach ihrer Lage als Oberfläche und Unterfläche. Den Abstand der beiden Seitenflächen, oder die Ausdehnung einer Schicht rechtwinkelig auf solche, pflegt man die Mächtigkeit derselben, die Ausdehnung in der den Seitenflächen parallelen Richtung die Verbreitung, die Trennungsfläche je zweier unmittelbar auf einander folgenden Schichten die Schichtungskluft zu nennen, wofür wir uns jedoch des richtigeren Ausdrucks Schichtungsfuge bedienen werden.

Die Schichtung ist ein sehr allgemeines und vielen Gesteinen zukommendes Verhältniss. Sie findet sich zuvörderst fast bei allen denjenigen Gesteinen, welche mit planer Parallelstructur oder Plattung versehen sind, also bei allen Gesteinen von schiefriger und flasriger Structur, und pflegt dann gewöhnlich so Statt zu finden, dass die Structurflächen des Gesteins seinen Schichtungsflächen parallel sind. So findet sich z. B. die Schichtung bei dem Gneisse, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Granulite u. a. Gesteinen; ferner bei sehr vielen Kalksteinen, Conglomeraten, Schieferthonen u. s. w. Dagegen fehlt die Schichtung grösstentheils den Graniten, Porphyren, Trappen, Basalten, Trachyten und Laven, welche Gesteine nur in seltneren Fällen in Schichten abgetheilt sind. Man hat daher das Dasein oder den Mangel der Schichtung benutzt, um danach die Gesteine überhaupt als geschichtete und massige Gesteine zu unterscheiden. Zwar lässt sich dieser Unterschied nicht ganz consequent durchführen, weil manche sogenannte massige Gesteine bisweilen eine deutliche, wenn auch mit keiner Parallelstructur verbundene Schichtung zeigen; während umgekehrt manche sogenannte geschichtete Gesteine zuweilen keine Spur von deutlicher Schichtung erkennen lassen; desungeachtet aber ist es vortheilhaft, jenen Unterschied festzuhalten, da er wenigstens die vorherrschende Regel in der Ausbildungsweise der beiderlei Gesteine ausdrückt.

§. 163. *Form, Begränzung und Lage der Schichten.*

Durch die Bestimmung der Schichten als Parallelmassen wird eigentlich noch gar nichts über die besondere Form derselben ausgesagt. Diese Form ist nun sehr verschieden, und wird einestheils durch das allgemeine Ausdehnungsgesetz der Schichtungsflächen, anderntheils durch die wechselnden Verhältnisse der Mächtigkeit bestimmt.

Gewöhnlich sind die Schichten ebenflächig ausgedehnt, so dass

sie innerhalb bedeutender Distanzen als grosse, weit fortsetzende Felstafeln oder Gesteinsplatten erscheinen*). In vielen Fällen sind aber die Schichten krummflächig ausgedehnt, indem sie einfach, oder auch mehrfach nach einander gebogen, wellenförmig, schleifenartig oder selbst cylindrisch gewunden erscheinen**). In andern Fällen erscheinen die Schichten gefaltet oder geknickt, und zwar entweder einfach oder mehrfach gefaltet, in welchem letzteren Falle sie einen zickzackförmigen Verlauf zeigen. Indessen pflegen diese Krümmungen und Faltungen der Schichten gewöhnlich in einem ziemlich grossen Maassstabe ausgebildet zu sein, so dass die an jedem einzelnen Beobachtungspuncte vorliegenden Theile solcher gekrümmter oder gefalteter Schichten immer noch als ebenflächig ausgedehnt betrachtet werden können.

Die Mächtigkeit der Schichten ist ausserordentlich verschieden; es giebt Schichten, die kaum einen Zoll, und wiederum andere, die viele Fuss, ja wohl 30, 50 und bis 100 Fuss mächtig sind; wie dies unter Anderm nach Forchhammer und Krug von Nidda mit den Trappschichten der Färöer und Islands der Fall ist. Schiefrige und sehr feinerdige Gesteine pflegen meist dünne Schichten zu haben, während sehr grobkörnige Gesteine in dickere Schichten gesondert sind. Uebrigens besitzt oft eine und dieselbe Schicht an verschiedenen Stellen eine verschiedene Mächtigkeit, indem ihre Seitenflächen bald weiter von einander, bald näher zusammen rücken, wodurch abwechselnde Verschmälerungen und Anschwellungen entstehen.

Die Verbreitung der Schichten zeigt ebenfalls grosse Verschiedenheiten; gewöhnlich pflegen sich mächtige Schichten weiter auszubreiten, als schmale Schichten; doch giebt es Beispiele von verhältnissmässig schmalen Schichten, welche sich desungeachtet über Räume von vielen Quadratmeilen erstrecken. Weil aber die Begränzung der Schichten in der Richtung ihrer Seitenflächen von verschiedenen Umständen abhängen und auf verschiedene Arten eintreten kann, so müssen wir die Schichten im Allgemeinen von indefiniter Verbreitung denken, wie diess auch ihre

*) Ebel hat auch den Vorschlag gemacht, die steilen Schichten der sogenannten Urgesteine Felstafeln zu nennen, weil das Wort Schicht die unzertrennliche Vorstellung des Liegens mit sich führe. Ueber den Bau der Erde in dem Alpengebirge, I, S. 62.

**) Hierbei wird der Begriff der cylindrischen Fläche in der grössten Allgemeinheit vorausgesetzt, indem man darunter jede Fläche versteht, welche durch eine, längs einer beliebigen Curve in paralleler Lage fortgeführte gerade Linie erzeugt wird.

Definition besagt. Es findet aber die Begränzung der Schichten besonders auf dreierlei Weise Statt:

1) Indem die beiden Seitenflächen der Schicht allmälig convergiren und sich endlich schneiden; diese Begränzungsart nennt man die Auskeilung der Schicht, und die Durchschnittslinie der Ober- und Unterseite, oder die Gränzlinie selbst, den Auskeilungsrand;
2) Indem die Schicht mit voller, oder doch nur mit wenig verminderter Mächtigkeit an einer andern Gesteinsmasse zu Ende geht, welche sie gleichsam quer oder schräg durchschneidet; man nennt diess das Abstossen oder Absetzen der Schichten;
3) Indem die Schicht von der Gebirgsoberfläche durchschnitten wird; in diesem Falle entsteht ein rechtwinkeliger oder schräger Querschnitt der Schicht, welcher der Ausstrich oder das Ausgehende derselben genannt wird, wenn er auf der jetzigen oder ehemaligen Gebirgsoberfläche liegt. Bei Schichten von sehr steiler Stellung nennt man die ausgehenden Enden derselben auch Schichtenköpfe.

Manche Schichten haben nur eine geringe Verbreitung, indem sie sich entweder nach allen Richtungen oder auch nach einer Richtung hin bald auskeilen, während sie nach einer anderen Richtung absetzen, oder zu Tage ausstreichen, in welchen letzteren Fällen sie eine spitz keilförmige Gestalt besitzen. Uebrigens ist das Phänomen der Auskeilung nicht selten local, so dass man nur diejenige Schichtungsfuge zu verfolgen braucht, in welcher dasselbe Statt fand, um die Fortsetzung derselben Schicht wiederum aufzufinden. Man sagt dann, dass die Schicht sich wieder anlegt.

Die Lage der Schichten ist gleichfalls ausserordentlich verschieden. Sehr viele und weit ausgedehnte Schichten liegen völlig horizontal, und die meisten sedimentären, so wie sehr viele effusive Schichten haben sich ursprünglich in dieser Lage befunden, wenn sie auch später in eine andere Lage versetzt worden sind. Andere Schichten sind gegen den Horizont mehr oder weniger geneigt, was durch alle möglichen Abstufungen des Neigungswinkels endlich so weit gehen kann, dass sie zuletzt vertical stehen. Bei sedimentären oder effusiven Schichten kann die steil geneigte oder verticale Lage niemals die ursprüngliche sein; sie ist nothwendig die Folge von Störungen oder Dislocationen, welche die Schichten nach ihrer Ablagerung erfahren haben. Bei den Compressionsschichten aber lässt es sich recht wohl denken, dass sie ursprünglich in stark geneigter und selbst in verticaler Lage abgesetzt wurden. Endlich giebt es sogar Schichten von überkippter Lage, in welchen das Unterste zu oberst gekehrt ist. Dass auch diese Lage bei sedimentären und effusiven Schichten unmöglich die ursprüngliche sein kann, versteht sich

von selbst; bei Compressionsschichten scheint es jedoch nicht ganz unmöglich, dass sie sich bisweilen in einer überkippten Lage gebildet haben können.

§. 164. *Bestimmung der Lage der Schichten.*

Für den Geologen wie für den Bergmann ist die genaue Bestimmung der Lage der Schichten eine der allerwichtigsten Aufgaben. Die Erforschung der Architektur eines gegebenen Landstrichs, die Beurtheilung der Ausdehnung und der leichteren oder schwereren Erreichbarkeit einer bauwürdigen Lagerstätte hängt wesentlich von der Bestimmung der Schichtenlage ab; daher man denn auch bei der geognostischen Untersuchung und Aufnahme einer Gegend Schritt vor Schritt auf dieses Verhältniss Rücksicht zu nehmen hat.

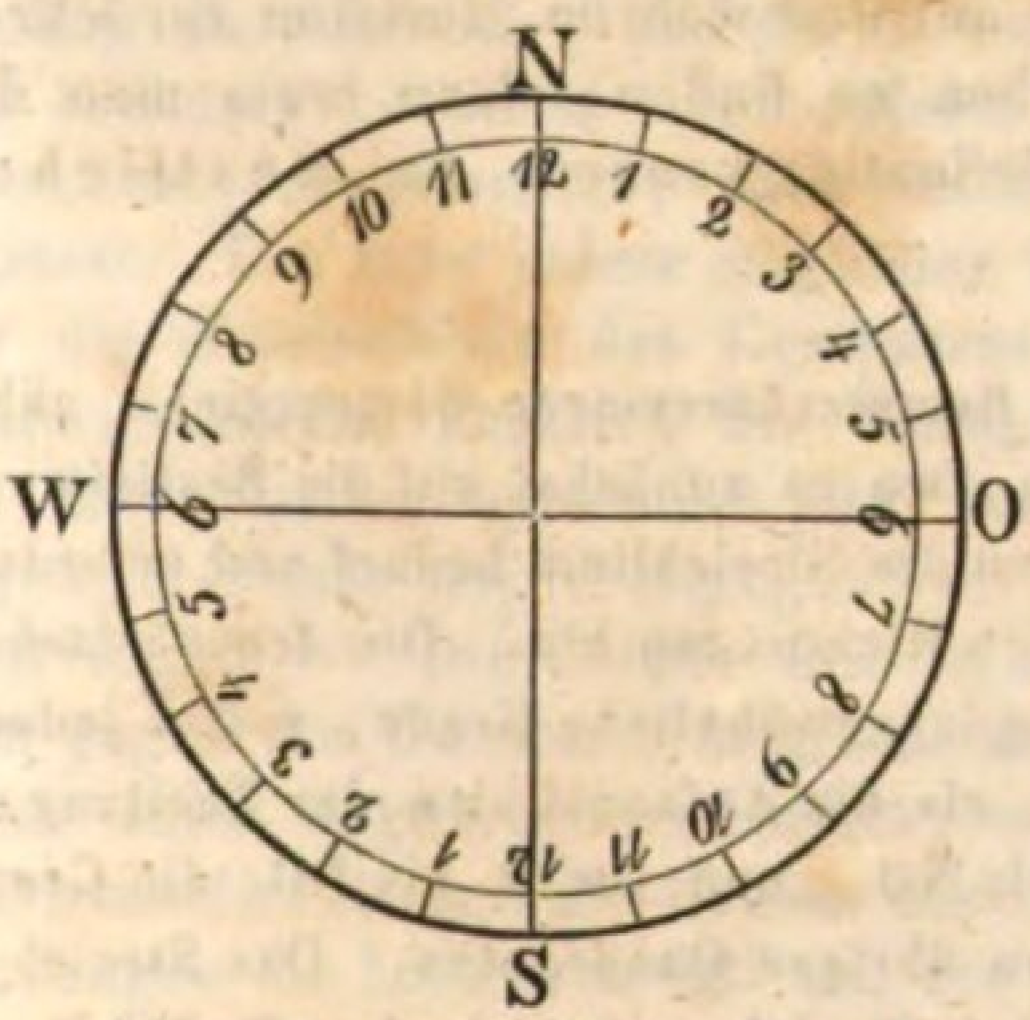
Die Schichtungsflächen sind zwar nach §. 163 nicht immer ebene, sondern auch häufig krumme, ja zuweilen sehr regellos gekrümmte Flächen. Desungeachtet aber lässt sich jede gekrümmte Schicht, wie jede krumme Fläche überhaupt, auf ebene Elemente zurückführen, indem man entweder kleinere Theile derselben berücksichtigt, innerhalb welcher ihre Ausdehnung approximativ einer Ebene entspricht, oder indem man sich an jedem Beobachtungspuncte eine Berührungs-Ebene vorstellt, welche an und bei diesem Puncte die eigentliche Lage der Schicht repräsentirt. Oft zeigen auch Schichten, bei vielen partiellen Krümmungen, dennoch in ihrer allgemeinen Ausdehnung eine solche Form, welche ziemlich genau auf eine und dieselbe Ebene bezogen werden kann.

Im Allgemeinen wird also die Bestimmung der Lage der Schichten immer auf die Bestimmung der Lage von Ebenen zurückzuführen sein. Nun ist aber die Lage einer Ebene bestimmt, sobald uns die Lage zweier, in ihr befindlicher gerader Linien bekannt ist. Daher werden wir auch die Bestimmung der Lage einer Schicht von der Lage zweier solcher Linien abhängig zu machen haben. Zu der einen dieser Linien wählt man die in der Schichtungsfläche gezogene Horizontallinie, welche die Streichlinie der Schicht genannt wird; zu der andern wählt man die Linie der grössten Neigung der Schichtungsfläche gegen den Horizont, welche die Falllinie der Schicht genannt wird. Beide diese Linien sind natürlich immer rechtwinkelig auf einander*).

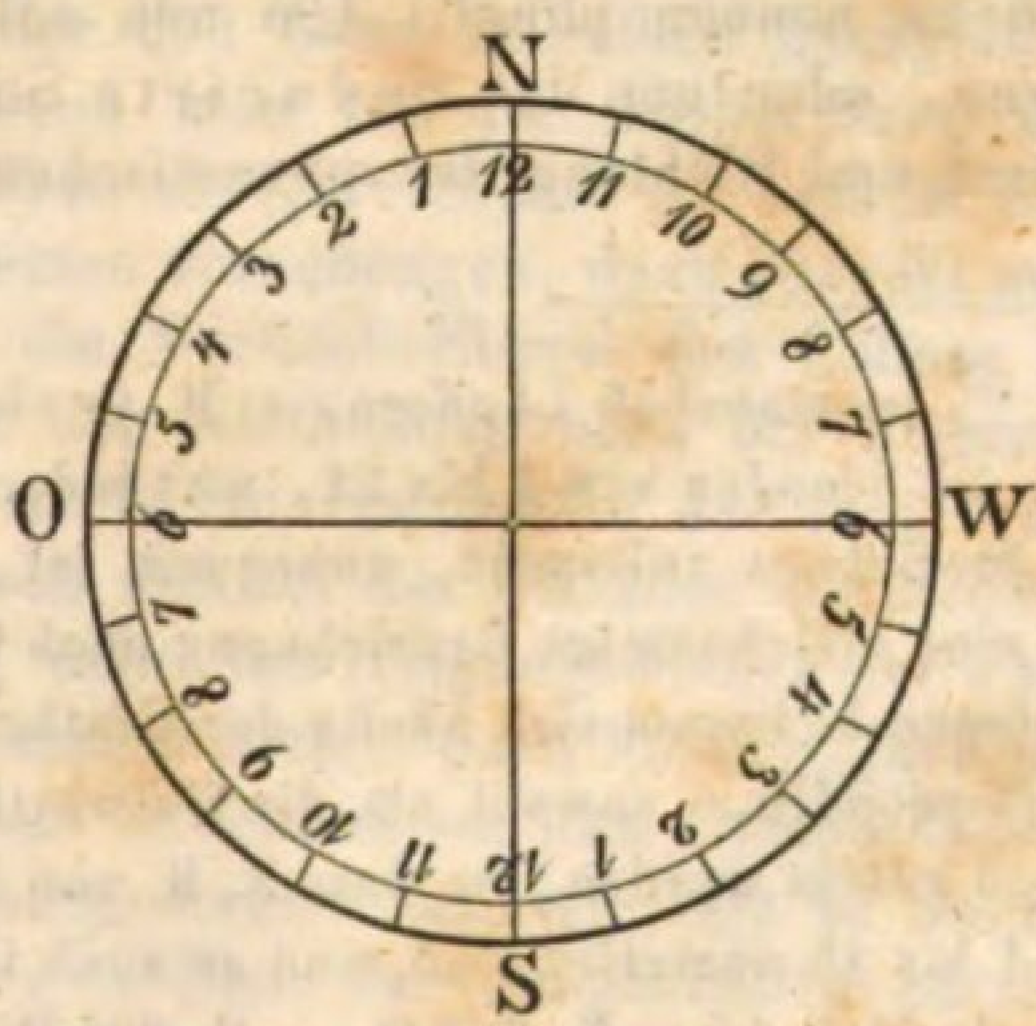
*) Denkt man sich durch die Streichlinie oder durch die Falllinie einer Schicht eine Vertical-Ebene gelegt, so erhält man diejenigen Ebenen, welche sich als die Vertical-Ebene des Streichens und des Fallens bezeichnen lassen. Beide sind natürlich rechtwinkelig auf einander, und die Vertical-Ebene des Fallens ist es gewöhnlich, auf welche die Profil-Darstellungen der Gebirgs-Architektur bezogen werden.

Unter dem Streichen einer Schicht versteht man die Lage ihrer Streichlinie gegen den Meridian des Beobachtungsortes; unter dem Fallen oder dem Einschiessen einer Schicht die Lage ihrer Falllinie gegen die Horizontal-Ebene des Beobachtungsortes. Das Streichen bestimmt man daher durch Angabe des Winkels, welchen die Streichlinie mit der Mittagslinie bildet; das Fallen durch Angabe des Neigungswinkels der Falllinie gegen die Horizontal-Ebene, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Weltgegend, nach welcher hin die Falllinie einschiesst. Beide Bestimmungen, sowohl die des Streichens, als die des Fallens, lassen sich nun mittels des gewöhnlichen bergmännischen Handcompasses mit einer dem geognostischen Bedürfnisse hinreichend entsprechenden Genauigkeit vollziehen.

Dieser Compass besteht aus einer gewöhnlichen Boussole, deren Peripherie auf dem Limbus in zwei mal zwölf Theile, sogenannte Stunden (*horae*) eingetheilt ist. Jede Stunde, welche sonach 15° der gewöhnlichen Kreis-Eintheilung begreift, ist wieder in acht Theile getheilt, die man Achtelstunden nennt, und deren jede 1° 52′ 30″ beträgt*). Diese Compassstunden sind von der bergmännischen Eintheilung des Horizontes selbst ent lehnt. Der teutsche Bergmann theilt nämlich den ganzen Horizont in 24 Theile, welche den Stunden des Tages entsprechen sollen, daher sie gleichfalls Stunden genannt worden sind, und wie diese nur von 1 bis 12 gezählt werden.



Bergmännische Eintheilung des Horizontes.



Eintheilung des bergmännischen Handcompasses.

Die Nordsüdlinie bestimmt den Anfang und das Ende der Theilung; ihr entsprechen daher die Stunden 0 oder 12, was gleichgiltig ist. Man zählt nun die Stunden von Nord nach Ost, und von Süd nach West, so dass die Ostwestlinie der Stunde 6, die Nordost-Südwest-Linie der Stunde 3, und die

*) Es würde freilich weit zweckmässiger sein, die Stunden in 10 Theile zu theilen.

Nordwest-Südost-Linie der Stunde 9 entspricht. Auf dem Limbus des Compasses sind jedoch der Ost- und der Westpunct mit einander vertauscht, und eben so die Stunden in entgegengesetzter Richtung numerirt, weil diess eine grosse Erleichterung bei der Beobachtung des Streichens und Fallens gewährt*).

Will man nämlich das Streichen einer Schicht beobachten, so braucht man nur die Nordsüdlinie des Compasses ihrer Streichlinie parallel zu halten, und die Nadel wird sofort auf diejenigen Puncte des Limbus einspielen, welche der Lage der Streichlinie gegen den magnetischen Meridian entsprechen. Man braucht daher nur abzulesen, was die Nadel anzeigt, um das gesuchte Streichen zu bestimmen. Obgleich übrigens die Nadel mit beiden Spitzen auf die gleichnamigen Puncte der Eintheilung einspielt, so ist es doch aus mehren Gründen empfehlenswerth, immer die Nordspitze der Nadel zu beobachten, welche gewöhnlich blau angelaufen oder auf sonst eine Weise ausgezeichnet ist. Um übrigens die Beobachtung mit grösserer Sicherheit anstellen zu können, dazu ist der Compass auf einer länglich rectangulären Messingplatte befestigt, deren längere Seite der Nordsüdlinie des Kreises parallel ist, und welche bei allen Beobachtungen möglichst horizontal gehalten werden muss**). Man bringt daher diese längere Seite entweder unmittelbar mit der Schichtungsfläche in Contact, wenn solche eben ist, oder man bringt sie aus freier Hand so genau als möglich in Parallelismus mit der Streichlinie, wenn die Schichtungsfläche uneben ist.

Auf diese Weise erhält man jedoch nur die Richtung der Streichlinie gegen den magnetischen Meridian, welche man das observirte Streichen zu nennen pflegt. Um nun solche auf den wahren Meridian zurückzuführen, oder um das reducirte Streichen zu finden, dazu muss man die Grösse und Richtung der magnetischen Declination kennen. Bei westlicher

*) In manchen Ländern, z. B. in vielen Bergwerksrevieren Oesterreichs, zählt man die Stunden von 1 bis 24, was jedoch da, wo es zunächst auf die Bestimmung des Streichens ankommt, unbequem ist, denn die Streichlinie bedarf und erfordert nur eine gleichnamige Bezeichnung nach beiden Richtungen hin. Die französischen Geologen bedienen sich häufig der Eintheilung in gewöhnliche Grade, wobei jedoch die Nordsüdlinie sowohl als die Ostwestlinie als die Anfangslinien der Theilung zu Grund gelegt werden, so dass z. B. von N. bis NO., und von O. bis NO. die Grade von 1 bis 45 numerirt sind, und so auch in den übrigen Quadranten. Das Streichen *hor.* 2 wird dann N. 30° O. — S. 30° W., das Streichen *hor.* 4 aber O. 30° N. — W. 30° S. ausgedrückt. Wie aber auch die Eintheilung beschaffen sein mag, immer wird auf denen, unmittelbar zur Beobachtung dienenden Instrumenten der Ost- und Westpunct vertauscht, und die Numerirung, wenn sie durch den Halbkreis oder den ganzen Kreis fortgeht, in entgegengesetzter Richtung angebracht sein müssen.

**) Man hat auch Compasse in der Form einer Taschenuhr; sie sind aber nicht zweckmässig, da sie nur eine unsichere Beobachtung gewähren, und bei der Eintragung der Streichlinien in die Charte gar nicht gebraucht werden können, was doch auch eine sehr wichtige Aufgabe ist. Diese Mängel werden durch die Bequemlichkeit des Transportes durchaus nicht aufgewogen. Sehr gute geognostische Handcompasse liefert die Werkstätte des Bergmechanikus Lingke in Freiberg.

Declination ist die Grösse derselben von dem observirten Streichen zu subtrahiren, bei östlicher Declination aber dazu zu addiren. Wir haben jetzt in ganz Europa westliche Abweichung, und zwar beträgt solche in Sachsen und den zunächst angränzenden Gegenden ungefähr 16° oder nur wenig über eine Stunde; sie ist auch fortwährend im Abnehmen begriffen, und man kann daher bei Beobachtungen, welche blos zu geognostischen, und nicht zu markscheiderischen Zwecken angestellt werden, und bei denen man die Richtigkeit nur bis auf $\frac{1}{8}$ Stunde zu verbürgen braucht, in unsern Gegenden und für die nächste Zeit, ohne einen erheblichen Fehler zu begehen, das observirte Streichen gerade um eine Stunde vermindern, um das reducirte Streichen zu erhalten, was grosse Bequemlichkeit gewährt. Es entspricht daher gegenwärtig bei geognostischen Beobachtungen in Sachsen und den unmittelbar angränzenden Gegenden:

die Richtung	N. — S.	dem beobachteten Streichen *hor.*	1
- -	O. — W.	- - - - -	7
- -	NO. — SW.	- - - - -	4
- -	NW. — SO.	- - - - -	10

Dass man die täglichen und unregelmässigen Oscillationen der magnetischen Declination ohne Fehler vernachlässigen kann, versteht sich von selbst, weil die Amplitude derselben zu gering ist, als dass sie eine Berücksichtigung bei Beobachtungen erforderte, wo man den Winkel nur bis auf $\frac{1}{8}$ Stunde, d. h. bis auf 1° 52′ genau zu wissen braucht.

Bei der Bestimmung des Fallens der Schichten hat man zweierlei, nämlich die Richtung, und die Grösse oder den Grad desselben anzugeben. Die Richtung bestimmt sich sogleich, wenn man bei der Beobachtung des Streichens darauf achtet, nach welcher Seite der Streichlinie die Schicht einschiesst. Um aber jedem möglichen Irrthume vorzubeugen, dazu braucht man nur die Nordsüdlinie des Compasses in die Vertical-Ebene des Fallens zu halten, während zugleich der Nordpunct der Eintheilung nach der Richtung des Einschiessens gewendet ist; dann spielt die Nordspitze der Nadel auf diejenige Stunde und Weltgegend ein, nach welcher das Einfallen der Schicht Statt findet. — Die Grösse des Fallens, oder den Neigungswinkel der Falllinie gegen den Horizont, bestimmt man endlich mittels eines kleinen, im Compasse selbst angebrachten Lothes, welches an einem auf dem Compassboden gravirten Gradbogen die Grösse des Neigungswinkels anzeigt. Da in diesem Gradbogen die Linie von 90° mit der langen Seite der Compassplatte parallel angebracht ist, so hat man nur diese lange Seite auf der Schichtungsfläche mit der Falllinie in Contact zu bringen, wenn die Schicht eben ist, oder auch aus freier Hand mit der mittleren Falllinie parallel zu halten, wenn die Schicht uneben ist, um das Loth auf den gehörigen Winkel einspielen zu lassen. Dass übrigens bei dieser Bestimmung des Fallwinkels die Compassplatte vertical, und zwar der Vertical-Ebene des Fallens parallel gehalten werden muss, diess versteht sich von selbst*).

*) So lange man das Instrument nicht braucht, ist sowohl die Nadel als auch das kleine Loth durch eine besondere Vorrichtung arretirt. Man hat nun darauf zu

Wenn man die **Richtung** des Fallens genau nach der Weltgegend und nach Stunden und Achteln bestimmt hat, so bedarf es gar keiner besonderen Bestimmung des Streichens, weil die Vertical-Ebenen des Streichens und Fallens stets rechtwinkelig auf einander sind, und man daher die beobachtete Fallrichtung nur um 6 Stunden zu vermehren oder zu vermindern braucht (je nachdem sie selbst kleiner oder grösser als *hor.* 6 ist), um die Streichlinie zu bestimmen. Aus demselben Grunde braucht man auch nur die Grösse des Fallens zu bestimmen, wenn man vorher das Streichen bestimmt und dabei beachtet hat, nach welcher Seite der Streichlinie, oder nach welcher Weltgegend die Schicht einfällt.

Bei **sehr flach** fallenden Schichten pflegt das Auge die Fallrichtung genauer aufzufassen, als die Richtung des Streichens, daher man bei solchen Schichten, zumal wenn sie nicht eben sind, die Bestimmung der Lage sicherer vom Fallen als vom Streichen abhängig macht.

In manchen Fällen hat die Bestimmung der wahren Lage der Schichten ihre Schwierigkeiten; ausser der, im §. 166 zu erwähnenden transversalen Schieferung und Plattung, sind es besonders folgende zwei Umstände, durch welche dergleichen Schwierigkeiten herbeigeführt werden können:

1) **sehr grosse Mächtigkeit** der Schichten; in solchem Falle muss nämlich schon eine bedeutende Felswand entblöst sein, um eine oder einige Schichtungsfugen wahrnehmen zu lassen. Diese Schwierigkeit kommt z. B. bisweilen bei Kalksteinen, Conglomeraten und Sandsteinen vor; man muss dann suchen, aus den Nüancen der Färbung und des Kornes, oder aus der Lage und Vertheilung der Gerölle oder Versteinerungen auf die Lage der Schichten zu schliessen;

2) **einseitige** Entblösung einer **scharf** abgeschnittenen Felswand; dann sieht man nur Durchschnitts**linien** der Schichtungsflächen, welche freilich nicht hinreichen, um die Lage der Schichten zu erkennen. Ist z. B. die Felswand der Streichlinie parallel, so erscheinen diese Durchschnittslinien alle horizontal, und man könnte glauben, horizontale Schichten vor sich zu haben, während sie vielleicht eine stark geneigte Lage haben*). In solchen Fällen wird man jedoch gewöhnlich, bei genauerer Untersuchung der Felswand, längs den Schichtungsfugen kleine Aussprünge oder Einsprünge entdecken, welche die Lage der Schichten erkennen lassen.

Bei **horizontalen** Schichten kann natürlich weder von einem Streichen, noch von einem Fallen die Rede sein; denn sie streichen nach allen Weltgegenden zugleich, und haben gar kein Einfallen.

achten, dass vor der Beobachtung des Fallwinkels die, vorher frei gemachte Nadel wieder arretirt werden muss, weil sie ausserdem bisweilen von der Spitze herabgleitet, auf welcher sie sich bewegt.

*) Vergl. *Lyell, Elements of Geology*, 7. *ed.*, *I*, *p.* 115.

§. 165. *Beschaffenheit der Oberfläche der Schichten.*

Die Schichten mögen nun auf die eine oder auf die andere Weise gebildet worden sein, so sind die beiden Begränzungsflächen derselben stets als Unterfläche und Oberfläche, oder als Sohlfläche und Dachfläche zu unterscheiden; eine Unterscheidung, welche streng genommen nicht auf die nach oben oder nach unten gerichtete Lage, sondern auf die Richtung zu gründen ist, nach welcher die Ausbildung der Schicht Statt gefunden hat. Die Unterfläche oder Sohlfläche einer Schicht ist diejenige Fläche, in welcher sie an die unmittelbar vor ihr, die Oberfläche oder Dachfläche dagegen diejenige, in welcher sie an die unmittelbar nach ihr gebildete Schicht angränzt. Durch verticale Aufrichtung oder Ueberkippung der Schichten kann dieser Unterschied, sofern er von der aufwärts oder abwärts gerichteten Lage abhängig gemacht werden soll, scheinbar aufgehoben oder geradezu umgekehrt werden.

Was nun die Beschaffenheit, und namentlich die besondere Configuration oder Reliefbildung der Schichtungsflächen betrifft, so ist in dieser Hinsicht Folgendes zu bemerken.

Die sedimentären, also die auf dem Grunde oder an den Küsten des Meeres, der Strom-Ausmündungen und der Landseen abgesetzten Schichten lassen auf ihrer Oberfläche und Unterfläche nicht selten eigenthümliche Formen erkennen, welche in ihrer Entstehungsweise begründet sind, und daher auch nur bei ihnen vorkommen können. Dahin gehören besonders die Wellenfurchen, die Thierfährten, die netzförmigen Leisten, die Regentropfenspuren, die Krystalloide nach Steinsalz und endlich mancherlei organische Formen.

Die Wellenfurchen (*ripple-marks*) bilden eine Erscheinung, welche sich auf der Oberfläche der Schichten vieler Sandsteine, Grauwacken, Grauwackenschiefer, Thonschiefer, Schieferthone, überhaupt vieler psammitischen und pelitischen Gesteine vorfindet. Die Oberfläche (und, durch Abdruck, auch die Unterfläche) solcher Schichten zeigt nämlich kleine, langgestreckte, zwar mehr oder weniger gekrümmte, aber doch im Allgemeinen parallele, wellenförmige Erhöhungen und Vertiefungen, welche bald klein und schmal, bald grösser und breiter, jedenfalls aber nur aus der Wellenbewegung des Wassers zu erklären sind, durch welche der Sand oder Schlamm nach einer bestimmten Richtung hin und her gespült wurde. Die Richtung der Statt gefundenen Bewegung war allemal rechtwinkelig auf die Längen-Ausdehnung dieser Wellenspuren.

Dass die Erscheinung wirklich aus dem Wellenschlage zu erklären ist, diess beweisen die ganz ähnlichen Formen, welche sich tagtäglich an flachen

sandigen oder schlammigen Meeresküsten durch das Spiel der Ebbe und Fluth, oder durch den Wellenschlag des vom Winde bewegten Meeres ausbilden. Diese Bewegungen des Wassers setzen sich übrigens auf bedeutende Tiefe fort, und können daher nicht nur auf seichtem, sondern auch auf ziemlich tiefem Meeresgrunde die Ausbildung von Wellenspuren veranlassen. Nach Martin White wirkt die Bewegung des stürmischen Meeres bis auf 300 und 450 Fuss Tiefe, und Siau hat durch directe Beobachtungen bei St. Gilles nachgewiesen, dass sich noch in 180 Meter (also fast in 580 Fuss) Tiefe sehr breite und tiefe Wellenfurchen ausbilden*). Dass der Wind auf Sandflächen und auf trocknem Schnee ähnliche Wellenfurchen hervorbringt, ist bekannt; aber auch bei diesen durch Luftströmungen gebildeten Formen ist die Längenausdehnung der Wellen stets rechtwinkelig auf die Richtung des Windes. Lyell beschreibt die Bildung solcher durch den Wind zusammengewehter Sandwellen, wie er sie an der Küste von Calais beobachtete; sie lassen sich gewissermaassen als Dünen *en miniature* betrachten**). Zuweilen sieht man auf der Oberfläche einer Schicht zwei sich kreuzende Systeme von Wellenfurchen, deren älteres durch das später gebildete mehr oder weniger obliterirt worden ist; wahre Palimpsesten der Natur! —

Die Thierfährten (Ichniten) oder die Fusstapfen von Thieren, welche auf der Oberfläche mancher Schichten vorkommen, gehören zu den sehr merkwürdigen geologischen Erscheinungen. Natürlich wurden sie auf der Oberfläche derjenigen Schicht, über welche die Thiere gegangen sind, zunächst als vertiefte Eindrücke gebildet, indem diese Oberfläche noch weich genug war, um dem Drucke des Fusses nachzugeben. Wenn nun aber bald nachher das Material einer neuen Schicht angeschwemmt wurde, so werden sich auf der Unterfläche dieser Schicht dieselben Fusstapfen im Relief darstellen müssen, indem jeder auf der vorhergehenden Schicht gebildete Eindruck gleichsam die Matrize lieferte, von welcher das Material der folgenden Schicht einen Abguss bildete. Dergleichen Thierfährten kommen in der Regel reihenförmig in grösserer Anzahl hinter einander vor, wie es das Fortschreiten der Thiere nach dieser oder jener Richtung mit sich brachte. Man hat sie schon in vielen Gegenden und in verschiedenen Gesteinen, besonders häufig aber in Sandsteinen beobachtet, welche zum Theil ein sehr hohes Alter haben; wie denn z. B. im Jahre 1844 bei Greensburg in Pennsylvanien auf Sandsteinschichten der Steinkohlenformation von King ähn-

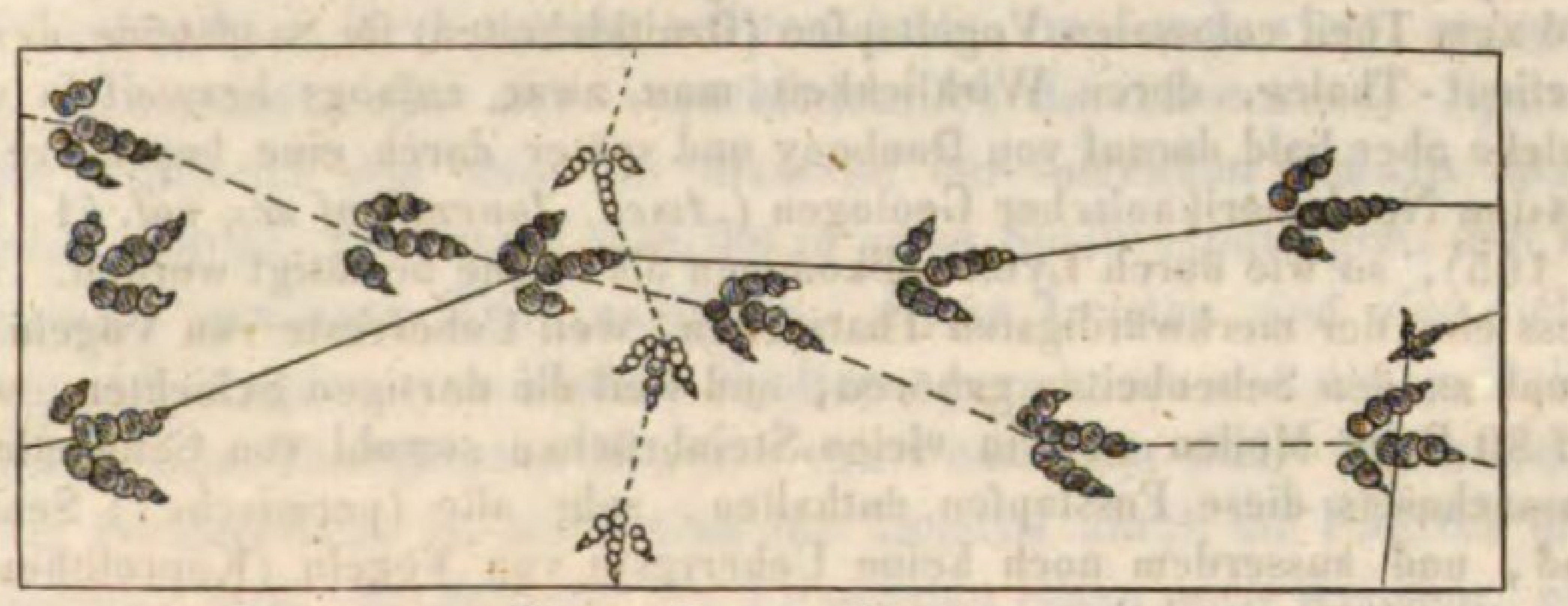
*) Poggend. Ann., Bd. 57, 1842, S. 599. Die Beobachtungen wurden auf Meeresgrund angestellt, der aus weissem Korallensand und schwarzem Basaltsand besteht. Man fand daselbst parallele Wellenfurchen von 10 bis 15 Centimeter Tiefe und 30 bis 50 Centimeter Abstand; in den Vertiefungen lagen die schweren Substanzen, auf den Höhen der feinste Sand.

**) *Elements of Geology*, 7. ed., p. 42.

liche Fusstapfen gefunden worden sind, wie man sie zuerst bei Hessberg unweit Hildburghausen in der Buntsandsteinformation kennen gelernt hatte*). Beistehende Figuren geben ein sehr verkleinertes Bild der



Fährten von Chirotherium.



Fusstapfen von Vögeln.

gewöhnlichsten Fährten des Chirotherium, wie solche bei Hessberg vorkommen, sowie der, im Sandsteine des Connecticut-Thales gefundenen Fusstapfen von Vögeln. Die Chirotherium-Tapfen sind aber in der Wirklichkeit 7 bis 12 Zoll lang, bei 3 bis 4 Fuss Schrittweite, und die Vogeltapfen aus Connecticut erreichen sogar 15 bis 18 Zoll Länge, bei 4 bis 7 Fuss Schrittweite**).

Die erste sichere Nachricht von solchen Thierfährten gab Duncan***). Sie fanden sich im Buntsandstein des Steinbruches von Corncokle-Muir in

*) Vergl. über diese von Lyell bestätigte Beobachtung Kings, *Quarterly Journal of the geol. soc., II*, 1846, *p.* 418, und *The American Journ. of sc.*, 2. *ser., II, p.* 25, auch Neues Jahrb. für Min., 1847, S. 383.

**) Herr Dexter Marsh zu Greenfield besitzt solche Fusstapfen von 18 Zoll Länge und 7 Fuss Schrittweite. Fortschritte der Geographie, V, 1848, S. 256. Die Vögel müssen also noch einmal so gross gewesen sein, als der Strauss.

***) In *Trans. of the Royal soc. of Edinb.*, 1828. Denn was früher, im Jahre 1822, Schoolcraft von Menschentapfen im Silurischen Kalkstein Nordamerikas, und Plagge (im Hannöverschen Magazin, 1827, S. 476) von verschiedenen Fusstapfen im Sandsteine des Isterberges bei Bentheim berichtet hatte, beruht auf einem Irrthume;

Dumfrieshire, und gaben sich nicht nur durch ihre Form, sondern auch durch ihre reihenförmige Vertheilung, und durch die regelmässige Abwechslung des rechten und linken Trittes als wirkliche Fusstapfen zu erkennen. Sie kamen auf vielen Schichten unter einander vor, und erschienen auf der Unterseite jeder Schicht convex, auf der Oberseite concav. Buckland erklärte sie für Fusstapfen von Reptilien.

Im Jahre 1833 entdeckte man bei Hessberg in der Nähe von Hildburghausen ähnliche Fährten von verschiedenen Formen, von denen die grössten, wegen ihrer auffallend handähnlichen Gestalt auf ein Thier bezogen wurden, welches man Chirotherium nannte; (nach Owen ein Labyrinthodon). Sie sind auch später bei Jena, bei Neuenstein in Würtemberg, so wie an anderen Orten in und ausserhalb Teutschland gefunden worden.

Im Jahre 1836 gab Hitchcock die erste Nachricht über die, von Plinius Moody schon im Jahre 1801 beim Pflügen entdeckten, höchst merkwürdigen und zum Theil colossalen Vogeltapfen (Ornithichniten) im Sandsteine des Connecticut-Thales, deren Wirklichkeit man zwar anfangs bezweifeln wollte, welche aber bald darauf von Daubeny und später durch eine besondere Commission Nordamerikanischer Geologen (*Amer. Journal of sc., vol.* 41, 1841, *p.* 165), so wie durch Lyell vollkommen als solche bestätigt wurden. Es ist diess eine der merkwürdigsten Thatsachen, weil Ueberreste von Vögeln überhaupt zu den Seltenheiten gehören, und weil die dortigen Schichten, welche auf 80 Engl. Meilen weit in vielen Steinbrüchen sowohl von Connecticut als Massachusets diese Fusstapfen enthalten, sehr alte (permische?) Schichten sind, und ausserdem noch keine Ueberreste von Vögeln (Koprolithen ausgenommen) gezeigt haben.

Cotta beschrieb eigenthümliche hufeisenähnliche oder C-förmige Fährten aus dem Buntsandsteine von Pölzig bei Gera, welche an die ähnlichen Formen erinnern, die nach Babbage im Kohlensandstein von Merthyr-Tydvil in Wales, und im devonischen Sandsteine von Forfarshire vorkommen, wo sie Kelpie-feet genannt werden. Es ist möglich, dass derartige Formen nicht sowohl für Fussspuren, als vielmehr (nach Lyell und Strickland) für Eindrücke von Weichthieren und anderen Thieren zu halten sind, die sich im Sande einwühlten oder vorwärts arbeiteten *).

Ausführliche literarische Nachweisungen und sonstige Mittheilungen über das Vorkommen von Thierfährten gaben Bernhardi (Allg. Hall. Lit. Zeitung, 1843, Ergänzungsblätter, Nr. 56), Geinitz (Mittheilungen aus dem Osterlande, Bd. III, 1839, S. 104) und Girard (Neues Jahrb. für Min., 1846, S. 1 ff.).

Jene sind nach Owen künstliche Arbeit der Indianer, diese nach Becks zufällige Formen, d. h. »die Wirkung irgend einer Ursache«, aber keine Thierfährten. Neues Jahrb. für Min., 1843, S. 190.

*) Vielleicht gehören auch die von v. Struve, bereits im Jahre 1807 beschriebenen, halbkreisförmigen Gebilde im Sandstein von Tübingen hierher, welche Freiesleben in seinen Geognostischen Arbeiten, IV, S. 325 erwähnt.

Theils in Begleitung der Thierfährten, theils auch ohne dieselben finden sich öfters auf der Unterfläche von Schichten psammitischer oder pelitischer Gesteine leistenartige oder aderähnliche Vorsprünge von bald geradem bald krummen Verlaufe, die gewöhnlich in grösserer Anzahl beisammen vorkommen, sich nach verschiedenen Richtungen durchkreuzen, gegenseitig anastomosiren, und solchergestalt ein förmliches Netz von Leisten oder Adern darstellen. Die Oberfläche der nächst vorher gebildeten Schicht pflegt in der Regel von thoniger, überhaupt von pelitischer oder schlammartiger Natur zu sein. Die Entstehung dieser netzförmigen Gebilde ist sehr einfach daraus zu erklären, dass die schlammige Oberfläche der vorausgehenden Schicht vor dem Absatze der folgenden Schicht eine theilweise Austrocknung und eine damit verbundene Zerberstung erlitten hatte, wodurch viele unregelmässig verlaufende und sich verschiedentlich durchkreuzende Spalten gebildet wurden. Als nun das Material der folgenden Schicht angeschwemmt wurde, so musste dasselbe in diese Spalte eindringen, und sie bis zu einer gewissen Tiefe ausfüllen. Diese Leisten sind also nichts Anderes, als Abgüsse von kleinen Spalten, gerade so wie die im Relief hervortretenden Thierfährten Abgüsse von Fusstapfen sind. Wenn beide zugleich vorkommen, so sieht man die Leisten durch die Fährten hindurchsetzen, weil die Bildung der Fusstapfen einen noch weichen, plastischen Zustand derselben Schichtenfläche voraussetzt, in welcher später durch Austrocknung die Risse entstanden sind.

Die Sandsteinplatten von Hessberg zeigen diese netzartig gruppirten Leisten sehr schön, wie sie denn gewöhnlich mit den Thierfährten zugleich vorkommen, obwohl sie im Allgemeinen eine weit häufigere Erscheinung sind, als diese. Wie unwillkürlich sich übrigens jedem unbefangenen Beobachter die wahre Erklärung derselben aufdrängt, so hat man sie dennoch bisweilen für Phytomorphosen, oder für vegetabilische Formen gehalten. Ja, Carl Müller hat die Hessberger Leistennetze sogar als die Species eines besonderen Geschlechtes unter dem Namen *Sickleria labyrinthiformis* aufgestellt*). Man hat eben so bisweilen die Thierfährten theils für Wurzelknollen, theils für sogenannte Naturspiele erklären wollen, ohne zu bedenken, dass die Erscheinung dadurch geradezu in das Gebiet des Wunderbaren gezogen werden würde. Denn wenn sie wirklich Wurzelknollen wären, so hätte die Natur die betreffenden Vegetabilien so regelrecht in Reihe und Glied gepflanzt, wie es nur die Hand eines Gärtners vermöchte; wenn sie aber Naturspiele wären,

*) Neues Jahrb. für Min., 1846, S. 462. Die ebendaselbst S. 713 von Giebel erwähnten, comprimirten und vom Gesteine ablösbaren Formen dürften wohl eher mit den bekannten Wülsten auf den Schichtungsflächen des Muschelkalksteins zu vergleichen sein.

so hätte die Natur so regelmässig gespielt, dass der Begriff eines *lusus naturae* in dieser Regelmässigkeit der Anordnung und in dieser Identität der Form seine vollständige Widerlegung findet.

Auf der Oberfläche mancher psammitischer und pelitischer Schichten, und namentlich solcher, welche zugleich mit Thierfährten versehen sind, hat man bisweilen viele kleine, rundliche Narben oder Eindrücke beobachtet, welche nach ihrer Form, Grösse und Vertheilung eine so vollkommene Aehnlichkeit mit den Eindrücken zeigen, wie sie die Tropfen eines Platzregens auf Schlamm- oder Sandgrund hervorbringen, dass sie zuversichtlich für nichts Anderes, als für Spuren vorweltlicher Regentropfen gehalten werden können. Da sie z. Th. auf sehr alten Schichten vorkommen, so gewinnen sie ein eigenthümliches Interesse, indem sie den Beweis liefern, dass eine so geringfügige und vergängliche Wirkung, wie sie der Aufschlag eines vor Myriaden von Jahren gefallenen Regentropfens hervorbrachte, dennoch durch ein unvergängliches Monument bis auf den heutigen Tag erkennbar geblieben ist.

Cunningham aus Liverpool beobachtete zuerst dergleichen Eindrücke vorweltlicher Regentropfen, deren wirkliches Vorkommen überhaupt durch Buckland im Jahre 1838 erklärt und bewiesen worden ist. Später sind sie besonders deutlich und häufig von Lyell auf den Sandsteinschichten bei Newmark in New-Jersey, so wie von Deane auf den mit Vogeltapfen versehenen Sandsteinen in Massachusets beobachtet worden.

Krystalloide nach Steinsalz. Die Schichtungsflächen von Sandstein, Schieferletten, Mergel und Kalkstein verschiedener, besonders aber solcher Sedimentbildungen, welche Ablagerungen von Steinsalz zu beherbergen pflegen, sind nicht selten mit eigenthümlichen krystallähnlichen Formen bedeckt, welche aber aus derselben Gesteinsmasse bestehen, und daher als pseudomorphische Gebilde, als Krystalloide betrachtet werden müssen. Diese Krystalloide erscheinen gewöhnlich als mehr oder weniger verzerrte und in ihren Flächen vertiefte Hexaëder, zuweilen auch als hohle, einfache vierseitige Pyramiden, wie sie an dem durch Eindampfung von Salzsoole dargestellten Kochsalze so häufig zu beobachten sind*), und es ergiebt sich sowohl aus dieser ihrer Form, als aus den ganzen Verhältnissen ihres Vorkommens, dass sie in der

*) Diese treppenartig zusammengesetzten Pyramiden (*hoppers*, *trémies*) stehen bekanntlich mit der hexaëdrischen Krystallform des Kochsalzes im genauesten Zusammenhange. Sie sind selten bis ½ Zoll gross; indess erwähnt Eaton, dass sie auf den Salzwerken von Syrakus in Neu-York zuweilen bis zu 3 Zoll im Durchmesser erhalten werden.

That nur als eigenthümliche Pseudomorphosen von Kochsalzkrystallen gedeutet werden können.

Für die Entstehung derselben ist zuerst im Jahre 1829 von Eaton*), später von Lewis-Beck und neuerdings von Nöggerath eine sehr einfache und naturgemässe Erklärung gegeben worden**). Man hat nämlich anzunehmen, dass auf der schlammartigen Oberfläche der vorher gebildeten Schicht Kochsalzkrystalle abgesetzt wurden, welche sich auch nach unten, innerhalb des feinen nachgiebigen Sedimentes vollständig entwickelten. Nachdem nun auch das Material der darauf folgenden Schicht oder Schichten zum Niederschlage gelangt war, so konnte es leicht geschehen, dass diese Kochsalzkrystalle wiederum allmälig aufgelöst wurden, und dann musste das noch weiche Material der unmittelbar aufliegenden Schicht in die hexaëdrischen Räume hineingepresst werden, welche vorher die Salzkrystalle einnahmen. Aus dieser mechanischen Bildungsweise erklärt sich auch die regellos verzogene und verschrobene Gestalt der meisten dieser Krystalloide; eine Gestalt, welche übrigens, wie Nöggerath bemerkt, auch ursprünglich an manchen Steinsalzhexaëdern beobachtet wird.

Uebrigens kommen dergleichen Krystalloide theils sporadisch, theils zahlreich beisammen vor; bisweilen sind sie reihenförmig oder auch zu undeutlich vierkantigen Stängeln gruppirt; ja, in einigen Fällen setzen sie fast ganze Schichten zusammen. In der Regel finden sie sich auf der Unterfläche der Schichten, während die Oberfläche der vorhergehenden Schicht nur die ihnen entsprechenden Hohlabdrücke zeigt.

Diese merkwürdigen Bildungen sind in Teutschland schon lange unter dem Namen des krystallisirten Sandsteins aus der Gegend von Stuttgart und Tübingen bekannt, müssen aber von dem sogenannten krystallisirten Sandsteine von Fontainebleau, welcher nur ein mit vielem Sande gemengter krystallisirter Kalkspath ist, sorgfältig unterschieden werden. Jordan und Jäger beschrieben sie bereits zu Anfange des jetzigen Jahrhunderts***), später wurden sie von v. Struve, Freiesleben und vielen anderen teutschen Geologen besprochen, und in neuerer Zeit haben Nöggerath, Haidinger, Hausmann, besonders aber

*) In *The American Journal of science, vol. XV*, 1829.

**) Eigentlich hat Jordan schon im Jahre 1800 diese Erklärung angedeutet, ohne jedoch das Steinsalz als den Archetypus dieser Krystalloide erkannt zu haben. In Frankreich erklärte Puton die Krystalloide des Buntsandsteins der Vogesen für Pseudomorphosen nach Steinsalz. *Bull. de la soc. géol.*, *VIII*, 1837, *p.* 195.

***) Jordan, in Min. u. chem. Beob. u. Erfahrungen, Göttingen 1800; und Jäger, in Denkschriften der vaterländ. Gesellsch. der Aerzte u. Naturf. Würtembergs, I, 1805.

Gutberlet die Aufmerksamkeit wieder auf sie gelenkt*). Sie sind, wegen ihres häufigen Vorkommens, namentlich im Gebiete des Buntsandsteins, Muschelkalkes und Keupers, eine weit bedeutsamere Erscheinung, als man wohl früher geglaubt hat. Durch Hausmann sind wir mit dem Vorkommen derselben im Muschelkalk von Hehlen bekannt worden, wo vierseitige Pyramiden bis zu $3\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser gefunden wurden; nach Strüver finden sie sich auch bei Hohe und Bodenwerder, und setzen bisweilen fast ganze Schichten des Mergelkalksteins zusammen. Gutberlet macht auf die sehr weite Verbreitung derselben in den bunten Mergeln und Sandsteinen der Gegend von Fulda und anderer Gegenden Hessens aufmerksam, und beschäftigt sich sehr ausführlich mit der Art und Weise ihres Vorkommens. Vorzüglich interessant sind auch die Nachrichten, welche Eaton, Lewis Beck und Vanuxem über diese Krystalloide in den salzführenden Schichten der Obersilurformation von Neu-York mitgetheilt haben, wo sie bei Syrakus, Camillus, Manlius-Center und anderen Orten, und zwar meist als hohle vierseitige Pyramiden (*hoppers*), aber in sehr grosser Menge und von bedeutender Grösse vorkommen. So findet sich z. B. nach Beck bei Camillus ein mehre Fuss mächtiges Mergellager, welches gänzlich aus solchen Krystalloiden von 1 bis 8 Zoll Durchmesser besteht. Eben so hat sie Lardner Vanuxem sehr häufig am Nine-Mile-Creek in Onondaga beobachtet**).

Endlich ist es eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, dass auf der Oberfläche sedimentärer Schichten organische Formen, besonders von versteinerten Muscheln und Schnecken, im Relief hervortreten. So zeichnet sich z. B. der Muschelkalk durch die auf seinen Schichtungsflächen hervortretenden Formen gewisser Species (namentlich von *Avicula socialis*, *Lima striata* u. a.) sehr aus; manche Schichtungsflächen des Quadersandsteins sind ganz erfüllt mit Steinkernen verschiedener Conchylien, und überhaupt wird diese Bedeckung mit organischen Formen in den Schichten fast aller fossilhaltigen Formationen angetroffen. Auch dürften wohl die plattgedrückten, gekrümmten und bisweilen verzweigten Wülste, welche so häufig auf der Oberfläche der Muschelkalkschichten vorkommen, eben sowohl hierher zu rechnen sein, wie jene cylindrischen Formen auf den Schichtenflächen des Quadersandsteins, welche Geinitz als *Spongites Saxonicus* zu den Zoomorphosen, Göppert als *Cylindrites* zu den Phytomorphosen verwiesen hat.

Während sonach die sedimentären Schichten mancherlei recht ausgezeichnete Modalitäten der Configuration ihrer Oberfläche und Unter-

*) Nöggerath im Neuen Jahrb. für Min., 1846, S. 307; Hausmann im Archiv für Min., Geogn. u. s. w., Bd. 21, 1847, S. 494 f.; Haidinger in Naturwissenschaftlichen Abhandlungen, I, 1847, S. 65; Gutberlet im Neuen Jahrb. für Min., 1847, S. 405 ff. u. S. 513 ff.

**) *Lewis Beck*, *Geol. survey of the state of New-York*, *I*, 1838, *p.* 15 u. 285.

fläche unterscheiden lassen, so bieten die effusiven Schichten nur sehr wenig Bemerkenswerthes dar. Doch lassen diese, nach Art der Lavaströme ergossenen Schichten bisweilen auf ihrer Oberfläche runzlige, gefaltete, tauförmige, aufgeblähte und andere Formen erkennen, wie sie im kleineren Maasstabe auf der Oberfläche erstarrter Schlackenmassen angetroffen werden. Diess ist z. B. nach Forchhammer mit vielen Doleritschichten der Färöer, nach Dufrénoy mit den Leucitlavaschichten des Monte Somma am Vesuv, nach Elie de Beaumont mit den Lavaschichten des Val del Bove am Aetna der Fall.

Die Compressionsschichten und die hypogenen Schichten solcher Gesteine, welche mit linearer Parallelstructur versehen sind, lassen auf ihrer Oberfläche sehr häufig eine parallele Streifung, Faltung oder Furchung wahrnehmen, deren Richtung durch die Streckung des Gesteines bestimmt wird. Da es nicht unwichtig sein dürfte, diesem Verhältnisse seine Aufmerksamkeit zu schenken, so mag hierbei bemerkt werden, dass es bei horizontalen oder nur wenig, und höchstens bis zu 30° geneigten Schichten hinreichend ist, das Streichen dieser Streckungslinien mit dem Compass zu bestimmen, dass es dagegen bei stark geneigten Schichten zweckmässiger erscheint, den Neigungswinkel der Streckungslinien gegen die Streichlinie der Schicht und zugleich die Weltgegend anzugeben, nach welcher sie einfallen*).

§. 166. *Structur der Schichten; transversale Schieferung.*

Die meisten Schichten sind mit einer mehr oder weniger deutlichen planen Parallelstructur des Gesteins versehen, welche in der Regel dergestalt ausgebildet ist, dass die Structurflächen den Schichtungsflächen parallel liegen. Selbst in den Conglomeraten sind die flacheren Geschiebe grösstentheils den Schichtungsflächen parallel gelagert, und eben so in den Schiefern, Sandsteinen und Kalksteinen die Ueberreste organischer Körper, oder die in ihnen vorkommenden accessorischen Bestandmassen, wie z. B. die Knauer und Nieren von Kalkstein im Thonschiefer und Grauwackenschiefer. Alle diese Einschlüsse zeigen entweder eine der Schichtung entsprechende lagenweise Vertheilung, oder doch eine solche Lage, dass ihre längsten Durchmesser oder grössten Durchschnittsflächen den Schichten parallel sind. Auch die lagen-

*) Vergl. meine Abhandlung hierüber in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. XII, 1838, S. 23 ff.

weise abwechselnden Verschiedenheiten der Farbe, des Kornes und der Zusammensetzung des Gesteins pflegen in der Regel in einer den Schichtungsflächen parallelen Richtung ausgebildet zu sein.

Indessen kommen auch häufig Anomalieen vor, bei welchen die Parallelstructur des Gesteines dem Verlaufe der Schichtungsflächen nicht mehr entspricht. Dahin gehört zuvörderst die bereits oben S. 486 erwähnte Erscheinung der discordanten Parallelstructur, welche gar nicht selten in Sandsteinschichten und losen Sandschichten zu beobachten ist, und bisweilen in sehr alten Gesteinen angetroffen wird; wie denn z. B. Elie de Beaumont aus dem Schiefergebirge der Ardennen Schichten erwähnt, die aus schräg hindurchsetzenden abwechselnden Lagen von Grauwacke und schwarzem Thonschiefer bestehen*).

Noch weit auffallender aber ist eine in vielen schiefrigen Gesteinen, besonders im Thonschiefer und Grauwackenschiefer vorkommende Erscheinung, welche zu den merkwürdigsten Structur-Verhältnissen gerechnet werden muss, da sie bisweilen mit bewundernswürdiger Stetigkeit und Regelmässigkeit durch ganze Gebirgsketten ausgebildet ist, und der Erkennung der wahren Lage der Schichten ausserordentliche Schwierigkeiten in den Weg legt. Es ist diess diejenige Erscheinung, welche man gewöhnlich die falsche Schieferung zu nennen pflegt, wofür wir uns aber lieber des Ausdrucks transversale oder secundäre Schieferung bedienen werden. Sie besteht darin, dass die schiefrige Structur und die damit verbundene Spaltbarkeit des Gesteins nicht in einer der Schichtung parallelen, sondern in einer anderen Richtung Statt findet, welche die Schichten unter einem grösseren oder kleineren Winkel durchschneidet. Da nun die schiefrige Structur und die durch sie bedingte Spaltbarkeit jedenfalls in einer Parallelstructur des Gesteins begründet ist, so hat sich offenbar in solchen Fällen statt oder neben der ursprünglichen Parallelstructur eine ganz neue Parallelstructur ausgebildet, welche oft weit vollkommener ist als jene, so dass die ursprüngliche Schieferung von der secundären Schieferung weit übertroffen, ja sehr häufig gänzlich unterdrückt wird. Auf diese Weise lässt sich die Erscheinung nicht selten durch ganze mächtige Schichtensysteme, ja durch ganze Gebirgsketten verfolgen, und wir werden später sehen, in welcher merkwürdigen Unabhängigkeit sie von der Schichtung steht. Der Winkel, unter welchem die transversale Schieferung die Schichtung und folglich auch die ursprüngliche Parallelstructur

*) *Explication de la carte géol. de la France, I*, 1841, *p.* 255. Dieselbe Erscheinung ist vielorts im Rheinischen Schiefergebirge zu beobachten.

des Gesteins durchschneidet, ist sehr verschieden, und kann von wenigen Graden bis zu einem rechten Winkel steigen, in welchem Falle also die secundäre Schieferung quer durch die Schichten hindurchsetzt.

Nun ist es doch gewiss nicht zu bezweifeln, dass ursprünglich die Schieferung solcher Schichten ihrer Schichtung parallel war, wie sie es ja noch heutzutage in zahllosen Schichten und Schichtensystemen wirklich ist; es muss also irgend eine, die ganze Masse des Gesteins durchdringende Kraft auf eine Richtungs-Aenderung oder Umstellung seiner kleinsten Theile hingearbeitet haben. Dass aber diese Kraft nur eine mechanische, und nicht etwa eine chemische oder galvanische gewesen sein könne, dafür sollen später die Gründe angeführt werden, wenn wir die transversale Schieferung in ihren grösseren Verhältnissen kennen gelernt haben werden.

Eine unmittelbare Folge dieser Erscheinung ist es übrigens, dass man bei den Thonschiefern, Grauwackenschiefern und ähnlichen Gesteinen die Schichtung durchaus nicht in allen Fällen nach der Schieferung bestimmen darf, weil diese letztere gar häufig eine secundäre sein wird, welche mit der Schichtung selbst in gar keinem Zusammenhange mehr steht. Ist die ursprüngliche Parallelstructur noch hinreichend deutlich erhalten, so zeigt das Gestein die Erscheinung der zweifachen Schieferung, liefert scheitförmige oder griffelförmige Bruchstücke von rhombischen oder rhomboidischen Querschnitten, und lässt es oft zweifelhaft, welches die ursprüngliche, und welches die secundäre Schieferung ist. Die wahre Lage der Schichten kann in solchen Fällen nicht mehr aus der Schieferung, sondern nur aus anderen Erscheinungen erschlossen werden. Man wird dann auf die Schichtungsfugen, auf die lagenweise Abwechslung in der Farbe, in der Grösse des Korns und in der sonstigen Beschaffenheit des Gesteins, oder auf die lagenweise vertheilten accessorischen Bestandmassen, Gerölle, organischen Ueberreste u. dgl. zu achten haben, um die Schichtung, trotz der irreleitenden falschen Schieferung, richtig herauszufinden.

Die transversale Schieferung ist eine schon länger bekannte, aber nach ihrer grossen Bedeutung und Wichtigkeit erst in der neueren Zeit gehörig erkannte Erscheinung. Schon Lasius gedachte ihrer in seinem Werke über das Harzgebirge, Voigt beschrieb in seiner praktischen Gebirgskunde Schiefer mit doppeltem Blätterdurchgange, Mohs erwähnte gleichfalls die im Grauwackenschiefer vorkommende doppelte Spaltbarkeit, deren Flächen die Schichtung durchschneiden*), v. Hoff wiess sie in den Schieferbrüchen von Lehesten,

*) Molls Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde, III, 1807, S. 71; die betreffende Abhandlung über das Grauwackengebirge war jedoch schon 1800 verfasst.

Steininger im Hunsrück, Schmidt in Westphalen und im Rheinischen Schiefergebirge nach, und später ist sie von vielen Geologen aus vielen Gegenden angeführt worden, wie noch neuerdings von v. Dechen aus Westphalen*). In England hat unter Anderen John Phillips die Erscheinung zur Sprache gebracht bei Beschreibung der Schiefer zwischen dem Lune- und Wharfe-Thale in Yorkshire, deren zweifache Schieferung er als *true* und *false cleavage* unterscheidet, wie sie von den dortigen Schieferbrechern durch die Ausdrücke *spire* und *bate* unterschieden wird. Auch haben sich Bakewell, Sedgwick, De la Beche, Murchison, Lyell und Sharpe mit Untersuchungen über diesen Gegenstand beschäftigt**). Zu dem Besten, was neuerdings in Teutschland darüber gesagt worden ist, dürfte die Abhandlung von Baur (Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. XX, 1846, S. 385) gehören, welcher die wahrscheinliche Ursache der Erscheinung schon vor Sharpe erkannt zu haben scheint, während sich Andere bemüht haben, Elektricität, Galvanismus und andere *qualitates occultas* (denn das werden auch jene Kräfte, sobald man sie in das Gebiet der geologischen Erscheinungen hereinzieht) zur Erklärung der Schieferung überhaupt und der transversalen Schieferung insbesondere in Anspruch zu nehmen.

Aber nicht nur Thonschiefer und Grauwackenschiefer, sondern auch Grauwacke, Sandstein und Kalkstein sind zuweilen mit einer transversalen Plattung versehen, die bei ihnen gewöhnlich als eine regelmässige plattenförmige Absonderung erscheint, welche die Schichten unter grösseren oder kleineren Winkeln durchschneidet. Wenn dergleichen Gesteine mit Schieferschichten abwechseln, so pflegt die Richtung der transversalen Schieferung der letzteren mit der Richtung der transversalen Plattung der ersteren übereinzustimmen. Dagegen sind die ähnlichen Erscheinungen, welche z. B. Macculloch vom Sandsteine bei Strathaird auf Sky, oder Conybeare vom Jurakalkstein in Gloucestershire beschreibt, wohl weniger als ein Analogon der transversalen Schieferung, denn als ein der discordanten Parallelstructur verwandtes Structurverhältniss zu betrachten, weil die schräge plattenförmige Absonderung sich nicht stetig durch ganze Schichtensysteme fortsetzt, sondern mehr auf einzelne Schichten beschränkt.

*) Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. XIX, S. 536 ff.

**) Namentlich hat Sedgwicks Abhandlung (*Trans. of the geol. soc.*, 2. *ser.*, *III*, *part* 3) grosse Aufmerksamkeit erregt, daher sie auch von v. Dechen in Karstens Archiv, Bd. X, 1837, S. 581 ff. verteutscht und mit einigen trefflichen Schlussbemerkungen versehen worden ist, in welchen Sedgwicks zum Theil etwas einseitige Auffassung der Erscheinung mit Recht gerügt wird.

b) Contractionsformen.

§. 167. *Plattenförmige Absonderung.*

Unter dem Namen Contractionsformen wollen wir alle diejenigen Gesteinsformen zusammenfassen, von denen man gewöhnlich anzunehmen pflegt, dass sie durch eine innere Zusammenziehung, durch ein Schwinden des Gesteins während oder nach seiner allmäligen Festwerdung entstanden sind, weshalb sie auch von den französischen Geologen *formes de retrait* genannt werden. Sie werden auch oft unter dem Namen Absonderungsformen aufgeführt, weil sie, zufolge jener Ansicht, durch die Absonderung oder innere Trennung einer Masse gebildet wurden, von welcher man voraussetzt, dass sie ursprünglich stetig ausgedehnt gewesen sei. Für viele, ja vielleicht für die meisten der hier zu betrachtenden Formen dürfte auch diese Vorstellungsweise vollkommen gerechtfertigt sein; doch werden wir in §. 169 sehen, dass einige Geologen eine ganz andere Entstehungsweise anzunehmen geneigt sind.

Unter der Absonderung versteht man also die innere Trennung der Gesteinsmassen in mehr oder weniger regelmässig gestaltete und verschiedentlich gruppirte Gesteinskörper. Die Absonderungsformen sind daher keine durch den Ablagerungsact bedingte Gesteinsformen, wie es die Schichten sind, sondern sie wurden innerhalb des bereits abgelagerten Gesteins durch innere Zerklüftungen hervorgebracht, welche theils durch die Erkaltung, theils durch die Austrocknung des Gesteins entstanden, und wohl meistentheils durch eine innere Contraction desselben zu erklären sind.

Die Absonderungsflächen sind daher wirkliche Klüfte und keine Fugen; sie entstanden durch die Aufhebung eines vorher bestehenden Zusammenhanges, und die ihnen entsprechenden Discontinuitäten des Gesteins sind von secundärer, und nicht von ursprünglicher Ausbildung. Wir müssen solche in der That als eigenthümliche Risse oder Spalten betrachten, welche das Gestein durchsetzt und zerstückelt haben. Merkwürdig bleibt dabei die oft sehr ebenflächige Ausdehnung und glatte Beschaffenheit dieser Absonderungsflächen, so wie die zuweilen äusserst regelmässige gegenseitige Stellung oder Lage derselben; ein Beweis, dass sie nicht wie gewöhnliche Spalten durch äussere mechanische Einwirkungen, sondern nur durch einen inneren, sehr regelmässig nach bestimmten Richtungen wirkenden Mechanismus gebildet worden sein können.

Nach Maassgabe des vorwaltenden Formentypus, welcher durch die Absonderung gebildet wurde, unterscheidet man besonders die platten-

förmige, säulenförmige, parallelepipedische und die unregelmässig polyedrische Absonderung*).

Eine plattenförmige Absonderung findet Statt, wenn das Gestein in tafelartige, also von zwei grösseren parallelen Seitenflächen und mehren kleineren Randflächen begränzte Körper abgetheilt ist, welche in der Regel gar keine ihrer Ausdehnung entsprechende Parallelstructur zeigen. Sie kommt auch fast nur bei Gesteinen von Massivstructur vor, erreicht aber zuweilen einen hohen Grad von Vollkommenheit, und ist nicht selten durch ziemlich bedeutende Gesteinsmassen zu verfolgen.

Die Platten sind daher kleine Parallelmassen, und haben insofern einige Aehnlichkeit mit den Schichten; allein sie unterscheiden sich von ihnen durch ihre verhältnissmässig sehr geringe Ausdehnung**), durch ihre von Randflächen bestimmte Begränzung, durch den Mangel einer ihren Seitenflächen entsprechenden Parallelstructur, und dadurch, dass sie da, wo sie nicht durch Randflächen begränzt werden, in das massive, ungetheilte Gestein übergehen, in welchem Falle zwei oder mehre über einander liegende Platten in einen Gesteinskörper verfliessen.

Schmale Schichten fester Gesteine liefern freilich auch Gesteinsplatten, und es bildet demnach die plattenförmige Gestalt allein kein ausreichendes Merkmal, um die hier besprochene Plattenbildung von den sehr ähnlichen Platten solcher Schichten zu unterscheiden. Diese letzteren entstehen allemal, sobald die Schichten eines festen Gesteins eine geringe Mächtigkeit besitzen, in ihren Fugen leicht ablösbar und von weit entfernten Querklüften durchschnitten sind. Man könnte sie, zum Unterschiede von den Absonderungsplatten, Schichtungsplatten nennen. Zwischen beiden besteht der sehr wesentliche Unterschied, dass die beiden grösseren Begränzungsflächen der Schichtungsplatten nicht durch Klüfte, sondern durch Schichtungsfugen gebildet werden, dass nur ihre schmalen Randflächen als wirkliche Kluftflächen zu betrachten sind, und dass in der Regel eine mit der Ausdehnung der Seitenflächen übereinstimmende Parallelstructur nachzuweisen ist. Wie ähnlich also auch die äussere Erscheinung der beiderlei Platten sein mag, so verschieden ist doch das Wesen derselben. Uebrigens kommen dergleichen Schichtungsplatten von sehr regelmässiger Form und bedeutender Ausdehnung vor, wie

*) Die sogenannte kugliche Absonderung werden wir weiter unten besonders betrachten.

**) So betrachtet es auch Mohs als einen allgemeinen Charakter der plattenförmigen Gestalten, dass die Flächen, in denen sie sich berühren, selten sehr weit, und nie durch die ganze Gebirgsmasse hindurch fortsetzen, wenn diese von einiger Ausdehnung ist, und dass sie auch ihre Richtung sehr oft und ohne sichtbare Veranlassung ändern. Die ersten Begriffe der Min. und Geogn., II, S. 108. Auch Walchner nimmt diese von Mohs aufgestellten Merkmale an; Handb. der Geognosie, 2. Aufl., S. 207.

diess z. B. die Platten des lithographischen Kalkstein von Solenhofen und die Platten des Liaskalksteins lehren, welche letztere in England bei Kenton Mandeville gewöhnlich 10 bis 30 Fuss lang, und 12 bis 15 Fuss breit gebrochen werden*). Auch Gneiss, Granulit und sehr viele andere geschichtete Gesteine lassen sich in Platten von vielen Quadratfuss Oberfläche bei nur wenigen Zoll Dicke brechen.

Auf eine ganz andere Weise können Schichten in Platten abgetheilt erscheinen, wenn die oben S. 518 besprochene transversale Plattung derselben zur Ausbildung gelangt ist. Die, einander sehr nahe liegenden parallelen Trennungsklüfte setzen dann schräg oder diagonal durch die Schicht hindurch, und stellen die Seitenflächen der Platten dar, während die Randflächen derselben theils von den Schichtungsfugen, theils von anderen Querklüften bestimmt werden.

Die plattenförmige Absonderung erscheint gewöhnlich ebenflächig, bisweilen aber auch krummflächig, und wird im letzteren Falle wohl auch krummschalige Absonderung genannt. Die Stärke der Platten beträgt meistentheils einen Zoll bis einen halben Fuss, doch werden diese Gränzen oft nach beiden Richtungen hin überschritten; übrigens erreichen die Platten nicht selten eine bedeutende Ausdehnung nach Länge und Breite.

Porphyr, Basalt, Phonolith und Grünsteine sind besonders häufig mit plattenförmiger Absonderung versehen, welche bisweilen in solcher Regelmässigkeit oder in so feinem Maassstabe ausgebildet ist, dass sie an Schichtung oder an Schieferung erinnert. Auch der Serpentin, der Trachyt, der Syenit und der Granit lassen nicht selten eine recht ausgezeichnete plattenförmige Absonderung wahrnehmen. Am Granite insbesondere begegnet man oft einer Absonderung in sehr dicke, meist horizontal liegende Platten oder Bänke, welche jedoch gewöhnlich erst bei der Verwitterung recht deutlich hervorzutreten pflegt, und ganze Felsen wie aus matrazenähnlich über einander gebetteten Bänken zusammengesetzt erscheinen lässt. Es ist jedoch noch zweifelhaft, ob diese Erscheinung mit Recht in die Kategorie der plattenförmigen Absonderung gebracht werden kann, da sie vielleicht in gewissen Nüancen der Gesteinsbeschaffenheit begründet ist*).

Dickplattenförmiger Basalt findet sich z. B. am östlichen Rande des Tharander Waldes; ein sehr dünnplattenförmiger fast schiefriger Basalt bildet dagegen grosse Felsen bei Salesl, am rechten Elbufer zwischen Aussig und

*) *Conybeare and Phillips, Outlines of the Geology of England and Wales, p.* 268 f.

**) Vergl. die oben S. 492 bei Erwähnung der Spaltbarkeit der Gesteine mitgetheilten Bemerkungen.

Lobositz. Sehr ausgezeichnet plattenförmig abgesondert ist in Sachsen der Porphyr der Gegend von Leissnig und Colditz, der Porphyr westlich von Grimma bei Gross-Steinberg und in den Steinbrüchen zwischen Gross-Pardau und Pombsen, wo die Platten theils ebenflächig, theils krummflächig sind; auch die Steinbrüche von Dornreichenbach, an der Leipzig-Dresdner Eisenbahn, liefern sehr schöne Porphyrplatten. Am Phonolithe ist die plattenförmige Absonderung oft sehr vollkommen ausgebildet, so dass die Platten in manchen Gegenden zum Dachdecken benutzt werden; indessen scheint sie an diesem Gesteine oft mit einer Anlage zur Parallelstructur verbunden zu sein. Eine ganz eigenthümliche Art von krummschaliger Absonderung ist die, welche der Trachyt des Stenzelberges im Siebengebirge bei Bonn in den sogenannten Umläufern zeigt; so nennt man mächtige, spitz kegelförmige oder cylindrische Massen, die wie Thürme aus den Steinbruchswänden hervortreten, und eine ihrer äusseren Gestalt entsprechende dickschalige Absonderung besitzen.

§. 168. *Säulenförmige, parallelepipedische und unregelmässige Absonderung.*

Man schreibt einem Gesteine säulenförmige Absonderung zu, wenn es in mehr oder weniger langgestreckte prismatische Körper getrennt ist. Diese Prismen oder Säulen sind gewöhnlich fünf- oder sechsseitig; doch schwankt die Zahl ihrer Seiten überhaupt zwischen 3 und 9. Die Seitenflächen selbst erscheinen in vielen Fällen sehr ebenflächig und glatt; in anderen Fällen sind sie uneben und rauh. Die Winkel, unter denen sie zusammenstossen, sind unbestimmt, und die ihnen entsprechenden Seitenkanten bisweilen abgerundet, was jedoch gewöhnlich als eine Folge der Verwitterung zu betrachten sein dürfte. Im Durchmesser wechseln die Säulen von wenigen Zollen bis zu vielen Fuss, und ihrer Längenausdehnung nach erscheinen sie meist gerade, selten gekrümmt. Die Länge der Säulen ist sehr verschieden; bald sind sie kurz, bald lassen sie sich viele Fuss weit verfolgen; ja man hat Gesteinssäulen von mehren hundert Fuss Länge beobachtet. In allen Fällen aber ist ihre Länge bedeutend grösser, als ihre Dicke.

Die säulenförmige Absonderung kommt gewöhnlich nur bei massigen Gesteinen, besonders bei gewissen krystallinischen Silicatgesteinen vor; am häufigsten bei dem Basalte, welcher sich zugleich durch die Regelmässigkeit und Schönheit seiner Säulen vor allen anderen Gesteinen auszeichnet; nächstdem bei Porphyren, bei Lava, Trapp, Phonolith, Grünstein, Trachyt, Pechstein, zuweilen auch bei Granit und Syenit*).

*) So ist z. B. nach Carne der Granit vom Cap Landsend in Cornwall in sehr schöne und grandiose Säulen getheilt (*Trans. of the geol. soc. of Cornwall, III,*

Weit seltener findet sich die Erscheinung bei geschichteten Gesteinen, zumal bei solchen von sedimentärer Entstehung.

Der Basalt des Mendeberges bei Linz in Rheinpreussen zeigt wunderschöne schlanke Säulen von nur 4 bis 5 Zoll, der Basalt des Pöhlberges und Scheibenberges in Sachsen dagegen dicke thurmähnliche Säulen von 6 bis 8 Fuss Stärke; das Gestein des Pallisadenfelsen am Hudsonflusse in Nordamerika ist sogar in 12 F. dicke Säulen abgesondert. Sehr dicke und minder regelmässig gestaltete Säulen nennt man auch Pfeiler, zumal wenn sie nur vierseitig sind; dergleichen kommen unter andern am Granite und Syenite nicht so gar selten vor. — Gerade und sehr regelmässig gestaltete Porphyrsäulen finden sich in Sachsen bei Silbergrund zwischen Freiberg und Dresden, am Burgstalle bei Wechselburg, und in mehren Steinbrüchen der Altenhainer Porphyrkuppe unweit Frankenberg; in dem obersten dieser Steinbrüche ist ein ganzes System von wunderschönen, halbkreisförmig gebogenen Porphyrsäulen aufgeschlossen*). Auch die Insel Staffa ist berühmt wegen der schönen, regelmässig gekrümmten Säulen des dasigen Basaltes. Andere, durch ihre herrlichen Porphyrsäulen bekannte Puncte Teutschlands sind z. B. der Wildenberg bei Schönau zwischen Goldberg und Kupferberg in Schlesien und die Gegend von Botzen in Tyrol**). — Die Säulen des Basaltberges von Stolpen in Sachsen ragen zwar über Tage nur etwa 30 Fuss hoch auf, sind aber mit dem dasigen Schlossbrunnen fast bis zu 300 F. Tiefe verfolgt worden. Die vorhin erwähnten Basaltsäulen des Mendeberges steigen bis zu 50 F. Höhe auf, die am Nordrande des Scheibenberges anstehenden Basaltsäulen sind 60 bis 70 Fuss hoch, und die gewaltigen Säulen des Pallisadenfelsen erreichen zum Theil 200 F. Höhe; ja, Macculloch sah auf der Insel Sky 400 Fuss lange Säulen***). —

Als ein paar Beispiele für das im Allgemeinen sehr seltene Vorkommen der säulenförmigen Absonderung bei sedimentären Gesteinen mögen der Gyps von Montmartre und der Sandstein von Olioules bei Toulon erwähnt werden. Die obere Abtheilung der Gyps-Ablagerung von Montmartre lässt eine sehr deutliche, schon von Desmarest beschriebene und abgebildete säulenförmige Zerklüftung erkennen; der Sandstein von Olioules aber, welcher nach Boubée

p. 208) und nach *Fournel* der Granit des Vorgebirges Collo in der Provinz Constantine in Algerien so regelmässig säulenförmig abgesondert, dass ihn Capitain Bérard aus der Ferne für Basalt hielt. *Comptes rendus, t.* 26, 1848, *p.* 76. *Macculloch* aber beschreibt von der Insel Ailsa herrliche Colonnaden von Syenit, deren Säulen an 400 F. hoch und über 6 F. dick sind. *Descr. of the Western Islands, II, p.* 493.

*) Vergl. Geognostische Beschreibung des Königreiches Sachsen u. s. w. von Naumann und Cotta, Heft II, S. 443. Rücksichtlich der Schönheit der säulenförmigen Absonderung dürfte der Altenhainer Porphyr allen Porphyr-Vorkommnissen in Sachsen den Rang streitig machen.

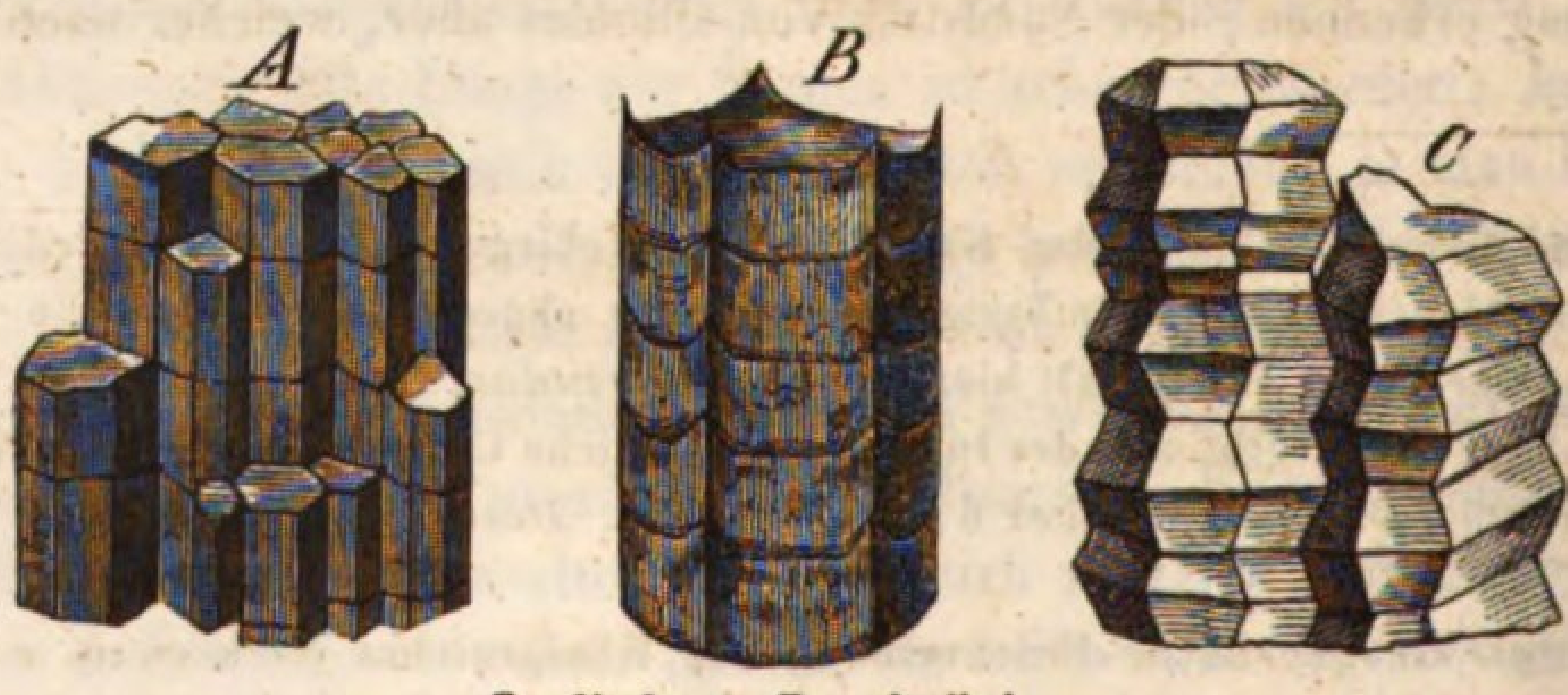
**) Leopold v. Buch, Geognost. Beob. auf Reisen durch Deutschland und Italien, I, S. 64 u. 277.

***) *System of Geology, vol. II, p.* 137.

der Buntsandsteinformation angehört, ist in bisweilen sehr regelmässige hexagonale Prismen bis zu 6 Fuss Stärke abgesondert, und zeigt diese Erscheinung ziemlich allgemein, so dass sie durch ganze Hügel zu verfolgen ist*). Uebrigens ist hierbei zu bemerken, dass Sandsteine da, wo sie mit plutonischen Gesteinen, z. B. mit Basalt, in Contact treten, bisweilen eine sehr regelmässige Absonderung in dünne schlanke Säulen erhalten haben, welche einer Einwirkung des plutonischen Gesteins zugeschrieben werden muss.

Eine merkwürdige, zumal bei den Säulen des Basaltes und mancher Grünsteine nicht selten vorkommende Erscheinung ist die Gliederung derselben. Wollen wir jedoch alle hierher gehörige Erscheinungen zusammenfassen, so haben wir die Gliederung der Säulen als eine zweifache, nämlich als eine transversale und als eine longitudinale Gliederung zu unterscheiden, von welchen freilich die letztere bis jetzt nur sehr selten beobachtet worden ist.

Die transversale Gliederung besteht darin, dass die Säulen durch quer hindurchsetzende Absonderungsflächen in einzelne Stücke oder Glieder abgetheilt werden; sie findet mit einer gewissen Regelmässigkeit Statt und ist theils krummflächig, theils ebenflächig ausgebildet. Im ersteren Falle haben die einzelnen Glieder einerseits eine concave anderseits eine convexe Endfläche, und sind dergestalt mit einander verbunden, dass die convexe Endfläche des einen Gliedes in die concave Endfläche des darauf folgenden Gliedes hineinpasst. So bestehen z. B. die Säulen des Riesendammes an der Küste von Antrim in Irland aus fusslangen dergleichen Gliedern. Dabei sind nicht selten die Seitenkanten der einzelnen Glieder aufwärts in zahnartige Spitzen verlängert, welche das untere Ende des nächst folgenden Gliedes umgreifen, und das obere Ende jedes Gliedes wie eine zackige Krone erscheinen lassen; (Figur *B*). Häufiger findet sich eine



Gegliederte Basaltsäulen.

ebenflächige transversale Gliederung, bei welcher die ebenen Absonderungsflächen rechtwinkelig durch die Säulen hindurchsetzen; (Figur *A*).

*) Nach *Héricart-Ferrand*, im *Bull. de la soc. géol., t.* 13, *p.* 375.

Diese Art der Gliederung kann dadurch, dass die Absonderungsflächen in immer kleineren Intervallen ausgebildet sind, endlich in eine transversale plattenförmige Absonderung der Säulen übergehen, welche Erscheinung bei Basalten, Phonolithen und Porphyren sehr häufig und nicht nur mit rechtwinkelig, sondern auch mit schiefwinkelig hindurchsetzenden Absonderungsflächen angetroffen wird. Eine ganz eigenthümliche ebenflächige Gliederung hat neulich Nöggerath an dem Basalte der Casseler Ley, bei Obercassel unweit Bonn, nachgewiesen. Die dortigen, 30 bis 40 Fuss hohen und 5—7 Zoll dicken Säulen bestehen aus lauter stark abgestumpften Doppelpyramiden, welche vertical über einander geordnet sind, so dass ihre Axen mit den Axen der Säulen zusammenfallen, und dass jede Säule abwechselnde Verschmälerungen und Erweiterungen zeigt; (Fig. *C*). Je zwei benachbarte Säulen sind dergestalt in einander gefügt, dass die ausspringenden Winkel der einen in die einspringenden Winkel der andern passen*).

Es scheint, dass diese beiden, mit einander so häufig combinirten Absonderungen unabhängig von einander sind, und dass die plattenförmige (oder überhaupt die transversale) Absonderung der säulenförmigen Absonderung vorausgegangen ist**). Uebrigens ist es eine, mit dieser plattenförmigen Absonderung sehr nahe verwandte Erscheinung, dass die Säulen mancher Gesteine, zumal der Porphyre, nicht selten eine durch zarte Farbenstreifung oder auch durch alternirende Gesteinsbeschaffenheit sehr deutlich ausgesprochene transversale Parallelstructur besitzen, welche gewöhnlich in sehr feinem Maassstabe, bisweilen aber so scharf ausgebildet ist, dass die Säulen eine förmliche transversale Spaltbarkeit erlangen, und durch die Verwitterung in ganz dünne, ja mitunter papierdünne Schalen aufgelöst werden. Bisweilen erscheint diese Farbenstreifung gekräuselt oder in wellenförmigen und anderen unregelmässigen krummen Linien gewunden, wodurch die Säulen auf der Oberfläche ein damascirtes Ansehen erhalten. Diese Erscheinung findet sich z. B. in Sachsen an den Porphyrsäulen des Schlossberges von Augustusburg und des Porphyrganges von Tanneberg, wo sie als eine Farbenstreifung, und an den Porphyrsäulen des Burgstalls bei Wechselburg, wo sie als förmliche Spaltbarkeit ausgebildet ist. Bronn und Gustav Leonhard haben dieselbe Erscheinung am Wagenberge in Baden beobachtet***).

Mit der krummflächigen transversalen Absonderung der Säulen dürfte die sphäroidische Absonderung in sehr naher Beziehung stehen, welche bisweilen

*) Notizen aus dem Gebiete der Natur- und Heilkunde, Bd. 8, 1848, S. 151.

**) Dafür sprechen die Verhältnisse vieler Vorkommnisse von Basalt, Phonolith und Porphyr, an denen beide Absonderungen zugleich zu beobachten sind.

***) Geognostische Beschr. des Königreiches Sachsen von Naumann u. Cotta, Heft I, S. 110 und Heft II, S. 93; Geologie von Petzholdt, S. 305; G. Leonhard, Beiträge zur Geol. der Umgegend von Heidelberg, 1844, S. 29, und Bronn, Gäa Heidelbergensis, S. 75.

am Basalt, Grünstein und Trapp zu beobachten und jedenfalls in einer eigenthümlichen Structur des Gesteins begründet ist. Sie wird gewöhnlich erst durch die Verwitterung recht sichtbar gemacht, welche jede Säule in eine Reihe concentrisch schaliger Sphäroide von mehr oder weniger regelmässiger Gestalt auflöst. Bekannt ist der sogenannte Käsekeller, bei Bertrich in der Eifel, eine Basaltgrotte, deren verticale Säulen durchaus in stark abgeplattete und sehr regelmässig über einander geschichtete Ellipsoide gegliedert sind. Aehnliches zeigt der Basalt des Hornberges bei Carlsbad; wie denn überhaupt die Erscheinung nicht so gar selten ist, wenn sie auch nicht immer so regelmässig auftritt. Hitchcock beschreibt vom Berge Holyoke, am Connecticutflusse in Massachusets, Grünsteinsäulen von 3 Fuss Durchmesser, welche sich durch die Verwitterung in lauter hemisphärische oder paraboloidische Schalen absondern; an einer Stelle, wo mehre verticale Säulenreihen durch die Einwirkung des Flusses unterminirt sind, da erscheinen die unteren convexen Enden derselben wie eine Menge dicht neben einander hängender, grosser eiserner Kessel über dem Haupte des Beobachters*).

Eine seltnere Erscheinung ist die longitudinale Gliederung der Säulen, welche wesentlich darin besteht, dass sich sehr dicke Säulen nach oben in dünnere Säulen spalten, welche sich weiter aufwärts wohl abermals theilen, wobei jedoch die Axen aller dieser Säulen unter einander parallel bleiben. Diese Gliederungsform ist zuerst von Nöggerath an der Mühlsteinlava von Niedermendig nachgewiesen worden.

Die grosse Regelmässigkeit, mit welcher die säulenförmige Absonderung bisweilen ausgebildet ist, hatte früher die Ansicht hervorgerufen, dass solche als förmliche Gesteins-Krystalle zu betrachten seien; eine Ansicht, welche auf einem zu groben Irrthume beruht, als dass sie gegenwärtig noch einer Widerlegung bedürfte. Dagegen möchten die von Einigen gegen die herrschende Ansicht über die Natur der säulenförmigen Gestalten ausgesprochenen Zweifel und die Meinung, dass solche nicht sowohl Absonderungsformen, als vielmehr Aggregationsformen sind, noch einer sorgfältigen Prüfung unterworfen werden. Denn, während man in einigen Thatsachen, wie z. B. in denen zuerst von Poullet Scrope im Vivarais beobachteten, in zwei an einander gränzenden Basaltsäulen enthaltenen, und durch die Trennungskluft derselben in zwei Hälften getheilten Olivin-Concretionen einen entscheidenden Beweis für die wirkliche Absonderungsnatur der Gesteinssäulen anerkennen muss**), so lässt es sich doch nicht gänzlich in Abrede stellen, dass z. B. die kugliche Absonderung mancher Säulen für die theilweise Präformirung derselben durch eine innere Structur zu sprechen scheint.

*) *Report on the Geology of Massachusets*, *Amherst*, 1833, *p.* 407.

**) Dieselbe Erscheinung findet sich auch nach G. Bischof an den Einschlüssen von Magneteisenerz im Basalte von Unkel, und Faujas fand sogar bei Bridon die in dem Basalte eingeschlossenen Granitfragmente zerspalten in Folge der säulenförmigen Absonderung. Neues Jahrb. für Min., 1843, S. 25.

Die parallelepipedische Absonderung wird eigentlich in den meisten Fällen durch eine Combination von Schichtung und Zerklüftung gebildet; sie kommt daher auch besonders bei geschichteten Gesteinen vor. Wenn nämlich die Schichten eines solchen Gesteins von zwei Systemen paralleler Klüfte durchschnitten werden, welche auf den Schichtungsflächen mehr oder weniger rechtwinkelig sind, so erscheinen diese Schichten in lauter parallelepipedische Körper abgesondert, deren jeder von vier Klüften und von zwei Schichtungsfugen begränzt wird. Sind die Schichten mächtig und die beiden Kluftsysteme fast rechtwinkelig auf einander, dabei die einzelnen Klüfte weit abstehend, so nennt man diese Absonderung eine quaderförmige, weil sie das Gestein in Quader, d. h. in grosse rechtwinkelige Parallelepipeda abtheilt. Sind dagegen die Schichten schmal, und liegen die sie durchschneidenden Klüfte sehr nahe beisammen, so könnte man die Absonderung eine tesserale nennen, weil sie das Gestein in lauter kleine würfliche oder doch würfelähnliche Stücke trennt.

Die quaderförmige Absonderung kommt unter Anderem sehr häufig bei den mächtig geschichteten Sandsteinen und Kalksteinen vor, daher denn auch z. B. der in Sachsen, Böhmen und Schlesien so verbreitete Sandstein der Kreideformation, wegen dieser an ihm sehr ausgezeichneten Eigenschaft Quadersandstein genannt worden ist. Die tesserale Absonderung, welche sich nur bei dünnschichtigen Gesteinen vorfindet, ist sehr häufig am Kieselschiefer, an verschiedenen Sandsteinen, Kalksteinen und Mergeln, am sogenannten Thonstein, an der Steinkohle zu beobachten. Unter den massigen Gesteinen ist es besonders der Granit, welcher gar nicht selten eine parallelepipedische und selbst quaderförmige Absonderung erkennen lässt; sie ist begründet in dem Vorhandensein eines Systems von horizontalen, und zweier sich kreuzender Systeme von verticalen Trennungsflächen, welche aber insgesammt erst durch die Verwitterung des Gesteins recht deutlich hervortreten, weshalb denn die isolirten, frei aufragenden Felsen diese Absonderung am häufigsten zu zeigen pflegen.

Die unregelmässig polyëdrische Absonderung endlich ist diejenige, bei welcher sich die Formen der abgesonderten Stücke nicht mehr unter eine der vorhergehenden Kategorieen bringen lassen. Die Zerklüftungsflächen durchschneiden das Gestein nach verschiedenen ganz unbestimmten Richtungen, und es entstehen daher regellos gestaltete, von ebenen Flächen umschlossene Formen, welche im Allgemeinen keiner genaueren Beschreibung fähig sind. Sie haben sehr verschiedene Dimensionen, gewöhnlich aber recht scharfe Kanten und Ecke, in Folge der Ebenheit und der geringeren Anzahl ihrer Begränzungsflächen. Diese unregelmässige Absonderung gehört zu den allerhäufigsten Erscheinungen, zumal bei den Porphyren, Grünsteinen, Graniten und anderen massigen

Gesteinen; ja, es dürfte überhaupt wenige Gesteine geben, an denen sie nicht da oder dort zu beobachten wäre.

Zum Schlusse dieser Betrachtung der Contractionsformen müssen wir noch der Ansicht einiger Geologen gedenken, dass die Absonderung der Gesteine von der Spaltbarkeit derjenigen Mineralien abhänge, welche wesentlich zu ihrer Zusammensetzung beitragen, oder dass die Absonderung mit der Spaltbarkeit des vorwaltenden Bestandtheils übereinstimme. So soll z. B. die schiefwinkelige Zerklüftung des derben Magneteisensteins der oktaëdrischen Spaltbarkeit dieses Erzes, die rechtwinkelige Zerklüftung des Granites der rechtwinkeligen Spaltbarkeit des Orthoklases, die tesserale Zerklüftung des Quarzites der rhomboëdrischen Spaltbarkeit des Quarzes entsprechen, u. s. w.

Diese, in neuerer Zeit besonders von Hausmann geltend gemachte Ansicht ist auch schon früher von Saussure ausgesprochen worden, welcher z. B. die Zerklüftungsformen des Kalksteins von Cluse im Arvethale, und des Gneisses im Chamounithale gleichfalls aus den Formen der Kalkspath- und Feldspath-Individuen erklären zu können glaubte *). Walchner spricht sich in seinem Handbuche der Geognosie, 2. Aufl., S. 206, gleichfalls für die Ansicht aus, dass die vorwaltenden Gemengtheile der Gesteine ihre Krystallisationskraft über die ganze Gesteinsmasse ausüben, deren Absonderungsstücke daher eine den Spaltungsformen jener Gemengtheile ähnliche Form besitzen. Eben so glaubt Sedgwick, dass die Kalksteine sehr häufig von zwei Kluftsystemen durchschnitten werden, deren Neigungswinkel mit denen des Grundrhomboëders R übereinstimmen **), und Dana spricht sich ganz im Sinne von Saussure und Hausmann dahin aus, dass, gleichwie der Glimmer im Gneisse die Schichten-Absonderung bestimme, so auch im Basalte, Granite und in anderen Gesteinen ein Parallelismus der Individuen der sie bildenden Mineral-Aggregate Statt finde, und der eine oder andere Gemengtheil seine Spaltbarkeit auf das Gestein selbst übertrage, daher denn auch der Granit so häufig rechtwinkelig zerklüftet sei in Folge seines Feldspathgehaltes ***).

Wie achtungswerth nun auch die genannten Auctoritäten sind, so scheint mir doch die von ihnen vertretene Ansicht unhaltbar zu sein. Soll nämlich die Spaltbarkeit eines Gemengtheils auf das Gestein selbst übergehen, und dessen Absonderungsformen bestimmen, so würde nothwendig vorausgesetzt

*) Die rhomboëdrische Absonderung jenes Kalksteins erklärt er zwar zunächst durch ein Schwinden desselben in Folge der Austrocknung; desungeachtet aber meint er, die Form der einzelnen Stücke sei bestimmt worden *par la figure de leurs petites parties, et par la nature de leur aggrégation*. Noch bestimmter vergleicht er die Bruchstücke des feinschiefrigen Gneisses von Chamouni mit den Formen des Orthoklases, und findet es überhaupt sehr begreiflich: *que la forme des crystaux, qui entrent dans la composition d'une roche doit influer sur la forme, que prennent ses fragmens. Voyages dans les Alpes*, §. 464 und 610.

**) Karstens Archiv für Min., Bd. X, 1837, S. 620. Auch Holger spricht davon, dass die Neigung mancher Kalksteine, in rhomboëdrische Stücke zu zerklüften, den ihnen innewohnenden Trieb beurkunde, in Rhomboëdern zu krystallisiren. Elemente der Geognosie, I, S. 113 u. 117.

***) *American Journal of science, vol.* 45, 1843, *p.* 106.

werden müssen, dass sich die Individuen des betreffenden Gemengtheils durchgängig in paralleler Stellung befinden. Ohne diese Bedingung ist die Sache ganz unmöglich. Diess hat auch Dana gefühlt, indem er vorher von Kalkspathdrusen spricht, deren Individuen alle parallel geordnet sind, und vom Gneisse, dessen Glimmerblätter wenigstens mit ihren Spaltungsflächen parallel liegen. Nun betrachte man aber ein Stück Granit, oder Kalkstein, oder Magneteisenstein, und man wird sich überzeugen, dass die Feldspath- oder Kalkspath- oder Magneteisenerz-Krystalle nach allen möglichen Richtungen durch einander liegen, ohne auch nur die entfernteste Annäherung an einen Parallelismus der Lage erkennen zu lassen. Es ist also auch ganz unmöglich, dass die Absonderungsformen dieser Gesteine durch die Spaltungsformen ihrer mineralischen Bestandtheile bestimmt werden. Nur in dem einen Falle, wenn das Gestein durch viele parallel gelagerte lamellare Individuen eine, der Parallelstructur entsprechende Lage seiner Schichten-Absonderung zeigt, ist die Ansicht einigermaassen gerechtfertigt; in allen anderen Fällen müssen wir die Richtigkeit derselben in Abrede stellen.

c) Aggregationsformen.

§. 169. *Ansichten über dergleichen Formen; Stylolithen, Compressionsformen.*

Mohs und Roth sind der Ansicht, dass die in den beiden vorhergehenden Paragraphen betrachteten Contractionsformen nicht durch eine innere Absonderung des Gesteins, sondern durch die Aggregation und gegenseitige Compression vieler sich gleichzeitig entwickelnder Gesteinskörper entstanden seien, wobei noch Roth die Meinung geltend zu machen sucht, dass es in allen Fällen die Kugelform sei, welche diesen Bildungen zu Grunde liege. Auch hat Wilhelm Fuchs gewisse, durch glatte, spiegelnde Flächen begränzte Gesteinsformen auf ähnliche Weise wie Mohs zu erklären versucht.

Nun ist es allerdings nicht zu bezweifeln, denn die zusammengesetzten Varietäten einiger Mineralspecies liefern den Beweis dafür, dass durch die Aggregation der Individuen, wenn solche von vielen Mittelpuncten aus innerhalb gewisser Bildungssphären fortschritt, bis endlich diese Bildungssphären zur gegenseitigen Berührung gelangten, sich in ihrer weiteren Entwickelung hemmten, sich gleichsam stämmten und drängten; wir sagen, es ist nicht zu bezweifeln, dass durch eine derartige Aggregation ebenflächige Gestalten zum Vorschein kommen können, welche theils mit rauhen, theils mit glatten Begränzungsflächen versehen sind. Wir erinnern in dieser Hinsicht nur an die eckigkörnigen Aggregate des Miëmites, dessen nussgrosse, aus feinkörnigem Rau-

tenspath bestehende Körner von ziemlich ebenen Flächen umschlossen werden, und an die eckigen keilförmigen Zusammensetzungsstücke des Rotheisenerzes, welche von fasrigen Individuen gebildet und von spiegelglatten Flächen begränzt werden. Es wäre wohl denkbar, dass ähnliche Verhältnisse auch bei der Ausbildung mehrer Gebirgsgesteine gewaltet haben, und dass dadurch polyëdrische und anders gestaltete Aggregationsformen entstanden sind, welche ihre Begränzungsflächen dem gegenseitigen Drücken und Drängen der einzelnen, gleichzeitg entwickelten Gesteinskörper verdanken; weshalb sie auch nicht unpassend Compressionsformen zu nennen sein würden.

Es kommen auch wirklich Erscheinungen vor, welche schon früher auf diese Weise gedeutet worden sind; so z. B. die von Playfair beschriebene Structur des Steinsalzes von Cheshire in England*). Obgleich dieses Steinsalz eine sehr compacte Masse bildet, so ist es doch in rundliche Körper von 5 bis 6 Fuss Durchmesser abgesondert, welche sich gegenseitig comprimirt und zu Polyëdern umgestaltet haben. Diese Polyëder bestehen aus verschiedentlich gefärbten, concentrischen, sich gegenseitig umschliessenden polyëdrischen Schalen, und stellen daher im Querschnitte Systeme von lauter concentrischen Polygonen dar; die triangulären Zwischenräume zwischen diesen Polygonsystemen sind eben so mit dreiseitigen Figuren erfüllt. Die Compression der Polyëder fand gleichzeitig und gegenseitig Statt, daher niemals der Winkel eines Polygones auf die Seite eines anderen trifft. Die ganze Structur lässt sich nach Playfair nur durch die Annahme erklären, dass gleichzeitig von vielen Mittelpuncten aus die Bildung concentrisch schaliger Kugeln erfolgte, welche im weiteren Fortgange ihrer Entwicklung eine gegenseitige Compression ausübten, und dadurch zu Polyëdern umgestaltet wurden.

Wilhelm Fuchs beschreibt sehr merkwürdige Formen aus dem Kiesstocke des Imperinathales bei Agordo**). An vielen Stellen besteht nämlich dieser Erzstock aus eckigen oder auch abgerundeten Massen, deren spiegelglatte Begränzungsflächen alle Eigenschaften der oben S. 494 beschriebenen Rutschflächen oder Spiegel besitzen, während sie doch nach ihren übrigen Verhältnissen keineswegs durch eine innere Zerklüftung der Kiesmasse und durch eine gegenseitige Bewegung und Reibung entstanden sein können; weshalb sich Fuchs entschieden dafür erklärt, dass diese Spiegelflächen, und folglich auch die von ihnen umschlossenen Körper, gleichzeitig mit der Kiesmasse gebildet worden seien, indem ihre Bildung durch die Aggregation bewirkt wurde***).

*) *Explication de la théorie de la terre, p.* 183.

**) Beiträge zur Lehre von den Erzlagerstätten. Wien, 1846, S. 15 ff.

***) Auch Ph. Braun scheint denen, auf ähnliche Weise von Spiegelflächen begränzten Massen des Buntsandsteins bei Marburg, welche er sehr ausführlich im Neuen Jahrbuche für Min., 1842, S. 661 ff. bespricht, eine ursprüngliche Entstehung zuzuschreiben. Uebrigens hat auch Rendu die Ansicht ausgesprochen, dass viele Rutschflächen und Spiegel eine Wirkung der Krystallisation oder der simultanen Erstarrung des Gesteins sind.

Derselbe Verfasser bemerkt (a. a. O S. 25), der Granit der Cima d'Asta und anderer Gegenden Südtyrols sei in scharfkantige ebenflächige Polyëder, Platten und Prismen getheilt, welche unmöglich durch eine Absonderung entstanden sein könnten, weil sich an den Begränzungsflächen stets eine eigenthümliche Lage und Vertheilung der Individuen des einen oder anderen Gemengtheils zu erkennen gebe, und weil diese Individuen in jenen Gränzflächen mit Zusammensetzungsflächen, nicht aber mit Bruchflächen endigen *).

Mohs entwickelt und motivirt nun sehr ausführlich die Ansicht, dass alle an krystallinischen Gesteinen vorkommenden plattenförmigen, säulenförmigen und polyëdrischen Gestalten lediglich die Producte der Krystallisation bei gleichzeitiger Bildung, und also etwa auf dieselbe Weise zu erklären seien, wie die Steinsalzpolyëder von Cheshire **). Er vergleicht ihre Begränzungsflächen mit den Zusammensetzungsflächen der Individuen eines Zwillingskrystalls; wonach denn ihre Absonderungsklüfte nicht als Klüfte, sondern als Fugen, als Juncturen oder Commissuren zu betrachten sein würden.

Roth hat die Absonderungsformen von einem ähnlichen Gesichtspuncte aus aufgefasst; er geht aber noch weiter als Mohs, indem er alle jene Formen als gestörte Kugelbildungen betrachtet ***). Die Gesteinsplatte deutet er als eine Kugel, welche nach einer Richtung ausserordentlich stark comprimirt, und durch ihre Nachbarn in seitlicher Richtung mit Randflächen (im regelmässigsten Falle als sechsseitige Tafel) begränzt worden sei. Auf ähnliche Weise erklärt er die parallelepipedische und quaderförmige Absonderung. Die Gesteinssäulen endlich denkt er sich aus vielen, längs einer Axe an einander gereihten Kugeln gebil-

*) Aehnliche Verhältnisse beobachtete ich an dem Gesteine eines Aphanitporphyr-Gangs bei Gjellebäck in Norwegen, dessen Krystalle an den Klüften der Absonderungsstücke auffallend häufiger sind, als in der Mitte derselben, und auf Gulfjeld, unweit Bergen, an einem mit kleinen Hornblendnadeln erfüllten Granulite, auf dessen Kluftflächen die Hornblendkrystalle wohl sechsmal grösser als im Innern, und so zahlreich durch einander gewebt sind, dass manche jener Flächen damit dicht bedeckt erscheinen; (Beiträge zur Kenntniss Norwegens, I, S. 33 u. 148). Ebenso bemerkt Charpentier von den Klüften des sogenannten Ophites (Diorites) am nördlichen Fusse der Pyrenäen, dass solche wohl ziemlich gleichzeitig mit dem Gesteine sein müssen, weil sie die Gemengtheile desselben im krystallisirten Zustande enthalten; (*Essai sur la constitution geogn. des Pyrenäes*, *p.* 484). Diese letztere Erscheinung kommt übrigens bei den Klüften mehrer krystallinischer Silicatgesteine vor, und wenn die Ansicht von Mohs und Fuchs richtig ist, so würde sich die von Daubuisson für die Zerklüftungsstücke der Porphyre gebrauchte Bezeichnung *cristaux polyëdriques* gewissermaassen rechtfertigen lassen.

**) Die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie, II, S. 105—120.

***) Die Kugelformen im Mineralreiche, Dresden, 1844, S. 20 ff.

det, deren gegenseitige Berührungsflächen oft noch in der Gliederung der Säulen zu erkennen sind, während die Seitenflächen der Säulen den seitlichen Compressionsflächen der an einander gränzenden Kugelreihen entsprechen sollen. Wenn wir berücksichtigen, dass die Säulen mancher Basalte, Trappe und Diabase durch die Verwitterung in Kugelreihen aufgelöst werden, so möchte man diese Ansicht für gewisse*) Säulenbildungen wenigstens insofern gelten lassen, wiefern die Entstehung dieser Absonderungsformen durch die nach bestimmten Richtungen hin geordnete sphäroidische Structur begünstigt und unterstützt worden sein mag.

Jedenfalls aber verdienen die von Mohs, Roth und Fuchs ausgesprochenen Ansichten eine fernere Berücksichtigung der Geologen, da es wohl noch nicht als völlig erwiesen gelten kann, dass die herrschende Ansicht über die Ausbildungsweise der Absonderungsformen in allen Fällen allein ihre Entstehung vollständig zu erklären vermag. Man wird also besonders darauf zu achten haben, ob z. B. in den Porphyren mit sehr scharfkantigen und ebenflächigen Zerklüftungsstücken wirklich ein Absetzen der grösseren Feldspathkrystalle an den Kluftflächen Statt findet; ob diese Zerklüftungsstücke, ob die Säulen, Platten u. s. w. irgend Erscheinungen wahrnehmen lassen, welche für eine ursprüngliche Verschiedenheit ihrer Zusammensetzung oder sonstigen Beschaffenheit gegen die Kluftflächen hin sprechen**). Man wird bei den Mandelsteinen zu untersuchen haben, ob die Mandeln nach Grösse und Vertheilung ein gewisses, von den Absonderungsverhältnissen des Gesteins abhängiges Gesetz erkennen lassen. Besonders werden auch diejenigen accessorischen Bestandmassen, von denen es wahrscheinlich ist, dass sie ursprünglich in der Gesteinsmasse gebildet wurden, zu berücksichtigen sein, indem der Umstand, ob die Absonderungsklüfte durch sie hindurchsetzen oder nicht, gar wesentlich zur Entscheidung der Frage beitragen dürfte. Untersuchungen dieser Art, welche wohl nicht immer angestellt zu werden pflegen, werden zu der Erkenntniss gelangen lassen, in wie weit die von Mohs aufgestellte Ansicht gegründet ist. In allen Fällen, wo sie sich bestätigt, würden natürlich die Absonderungsflächen als Zusammensetzungsflächen, und folglich die ihnen entsprechenden Discontinuitäten als Fugen, und nicht als Klüfte betrachtet werden müssen.

Als wirkliche Aggregationsformen dürften sich vielleicht auch die in gewissen Kalksteinen und Mergeln vorkommenden sogenannten

*) Denn für alle Säulenbildungen kann die Ansicht unmöglich zugestanden werden, da die säulenförmige Zerklüftung der Sandsteine im Contacte mit plutonischen Gesteinen den Beweis liefert, dass dergleichen Formen auch ohne alle präformirte sphäroidische Structur als wirkliche Contractionsformen entstehen konnten. Eben so sind die Zerklüftungsstücke vieler fossilhaltigen Gesteine dadurch ganz unzweifelhaft als solche charakterisirt, dass die Klüfte durch die organischen Körper hindurchsetzen.

**) Wobei natürlich die Wirkungen der von diesen Flächen ausgehenden Zersetzung nicht mit in Anschlag gebracht werden dürfen.

Stylolithen betrachten lassen, obwohl man noch nicht genau weiss, wie und wodurch diese merkwürdigen Aggregationen bedingt worden sind. In ihrer regelmässigsten Form erscheinen diese Stylolithen als gerade, selten als etwas gekrümmte Cylinder oder Stängel, deren Oberfläche eine sehr markirte longitudinale Streifung oder Furchung, bisweilen auch zugleich eine transversale Runzelung zeigt. Sie erreichen eine Länge von einem Zoll bis zu einem Fuss, eine Dicke von ein paar Linien bis über einen Zoll, greifen rechtwinkelig in die sie umschliessenden Schichten ein, endigen nach oben, mitten in der Schicht, mit einer horizontalen oder schiefen, etwas unebenen, oft von Thon bedeckten Endfläche, setzen aber nach unten bis an die Unterfläche der Schicht fort, wo sie ihren Anfang zu haben scheinen. Sie bestehen völlig aus demselben Gesteine, wie die sie einschliessende Schicht, werden auch von dem Gesteine derselben dicht umschlossen, so dass sich in diesem ihre Form vollkommen abgedrückt hat, und nur ganz schmale Absonderungsfugen hervortreten, welche zuweilen mit etwas Eisenoxydhydrat oder mit grünlichem Thone erfüllt sind.

Von diesen regelmässigsten Stylolithen ausgehend, lassen sich nun ähnliche gestreifte und gefurchte Bildungen durch eine ganze Reihe von Formen verfolgen, welche zuletzt höchst unregelmässig gestaltet sind, aber insgesammt unter dem Gesetze cylindrischer Flächen, in der weitesten Bedeutung des Wortes, stehen, deren Axe stets rechtwinkelig auf der Schichtungsfläche ist, und zugleich die Richtung der Streifen bestimmt. So sieht man denn cylindrische Flächen durch das Gestein setzen, welche im Querschnitte mäandrisch gewunden sind, und ganz regellose, zapfenförmige und bündelförmige Gestalten umschliessen, deren obere Begränzungsfläche gewöhnlich äusserst uneben erscheint.

Klöden, welcher für diese Formen den Namen Stylolithen in Vorschlag brachte, hat auch zuerst eine sehr genaue und ausführliche Beschreibung der im Muschelkalk bei Rüdersdorf vorkommenden Stylolithen gegeben *). Ueberhaupt werden sie in dieser Kalksteinformation am häufigsten und schönsten angetroffen, und schon Freiesleben gedenkt ihrer aus dem Muschelkalke Thüringens; (Geognostische Arbeiten, I, 1807, S. 69). Aber auch aus der Zechsteinformation sind sie schon lange bekannt, und z. B. von Hundeshagen aus der Gegend von Allendorf recht gut beschrieben worden **). Im Rogen-

*) Im ersten Stücke seiner Beiträge zur min. und geognost. Kenntniss der Mark Brandenburg, besonders aber in seinem Werke: Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, Berlin 1834, S. 288 f.

**) In Leonhards Taschenbuch der Min., 1817, S. 19 f. Freieslebens gegliederte Rauchwacke dürfte wohl nicht zu den Stylolithen zu rechnen sein

steine oder oolithischen Mergel der Buntsandsteinformation hat man sie gleichfalls nachgewiesen, und eben so in den Kalksteinen der Juraformation, wo sie von Quenstedt und von Virlet angeführt werden, welcher letztere bei Dijon fast fusslange Stylolithen beobachtete *).

Die Entstehung dieser merkwürdigen Gestalten ist noch räthselhaft. Klöden vermuthete, dass sie Zoomorphosen seien, etwa nach Thieren wie Beroë oder Aequorea. Quenstedt fand, dass die obere Endfläche der regelmässigen Stylolithen zuweilen eine Muschelschale oder ein Enkrinitenglied trägt, und dass die in den Umrissen dieser organischen Körper hervortretenden aus- und einspringenden Winkel, Kerben und Spitzen, denen in der Streifung solcher Stylolithen ausgeprägten Furchen und Leisten genau correspondiren. Auf diese Beobachtung gründet er die Ansicht, dass diese regelmässigen Stylolithen nichts Anderes, als das Resultat einer durch organische Ueberreste vorgezeichneten und geleiteten Absonderung seien. Die unregelmässigen Stylolithen, meint er, könnten auf ähnliche Weise durch andere fremdartige Körper veranlasst worden sein **). Jedenfalls dürften eigenthümliche Modalitäten der Compression bei ihrer Ausbildung wirksam gewesen sein.

Endlich möchten vielleicht auch die spitz kegelförmigen, auf der Oberfläche quer gerunzelten, schalig und fasrig zusammengesetzten Formen des sogenannten Tutenkalkes oder Tutenmergels (Nagelkalkes) als eigenthümliche Aggregationsformen zu betrachten sein. Bekanntlich kommen sie immer zahlreich beisammen vor, sind dicht in einander gefügt, und bilden auf diese Weise selbständige Schichten von geringer Mächtigkeit. Man kennt sie bereits aus sehr vielen Gegenden, und neulich ist eine sehr ausgezeichnete Varietät bei Steierdorf unweit Orawitza im Bannate gefunden worden ***). Nöggerath hat am Thonschiefer von Saarburg ganz ähnliche Formen beobachtet.

Es giebt gewisse Formen, welche zwar nicht in die Kategorie der so eben betrachteten Aggregationsformen gehören, dennoch aber wie sie mit vollem Rechte als Compressionsformen, wenn auch in einem etwas anderem Sinne, bezeichnet werden können. Dahin glauben wir die am

*) *Bull. de la soc. géol.*, 2. *série, t. III, p.* 327. Auch die von *Huot* im Jurakalkstein der Krimm beobachteten, verticalen, fasrig gestreiften Flächen sind zufolge seiner Beschreibung nur unregelmässige Stylolithen. Er vergleicht sie mit Rutschflächen, erklärt sie aber für eine Wirkung der Krystallisation und Aggregation. *Voyage dans la Russie méridionale etc., II,* 1842, *p.* 369.

**) Vergl. den Auszug aus der Abhandlung Quenstedts im Neuen Jahrb. für Min., 1837, S. 496. Cotta bemerkt, dass die Stylolithen lebhaft an die Gestalt der Eisstängel erinnern, welche im Winter zuweilen aus dem Boden hervortreiben. Grundriss der Geogn. und Geol., S. 128.

***) Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie; Heft III, 1848, S. 29. Haidinger knüpft an ihre Beschreibung eine eigenthümliche Theorie der Entstehung dieser Formen.

Serpentine, an gewissen Grünsteinen, Porphyren, Graniten, namentlich im Contacte gegen andere Gesteine vorkommenden Formen rechnen zu müssen, welche meist krummflächig begränzt, sehr unregelmässig, oft auch verbogen linsenförmig gestaltet sind, zum Theil in sehr scharfe Kanten auslaufen, und auf das Innigste an und zwischen einander gefügt erscheinen. Ihre Flächen sind glatt, striemig, oft mit einem Ueberzuge (von Pikrolith, Thonstein, Eisenoxyd) versehen, und ihre ganze Beschaffenheit deutet darauf hin, dass die von ihnen umschlossenen Gesteinspartieen (meist wohl vor ihrer gänzlichen Erstarrung) einem sehr starken Drucke unterworfen waren, durch welchen sie gewaltsam in einander gewürgt und gequetscht wurden. Aehnliche Formen finden sich auch nicht selten am Thone, Schieferthone, Thonsteine und an anderen pelitischen Gesteinen; sie sind bei ihnen gleichfalls durch innere Stauchungen und Quetschungen der Gesteinsmasse zu erklären, für welche sich gewöhnlich die mechanische Ursache in gewaltsamen Dislocationen nachweisen lässt, denen das Gestein unterworfen gewesen ist. Da die Flächen dieser Formen weniger durch eine Rutschung und Reibung, als durch eine Quetschung und Pressung entstanden zu sein scheinen, so könnte man sie vielleicht Quetschflächen nennen, um sie von den oben erwähnten Rutschflächen zu unterscheiden.

d) Concretionsformen.

§. 170. *Sphäroidische und andere Formen der Art.*

Unter Concretionsformen verstehen wir an gegenwärtigem Orte solche innere Gesteinsformen, welche in einer, rings um ein gemeinschaftliches Centrum oder um eine gemeinschaftliche Axe bewirkten Anordnung der Gesteins-Elemente, oder in ähnlich geordneten Wechseln der Gesteinsbeschaffenheit begründet sind. Die Beziehung der ganzen Form auf einen M i t t e l p u n c t, oder auch auf eine Axe m i t bestimmtem Mittelpuncte bildet das eine wesentliche Merkmal, während es als ein zweites Merkmal zu betrachten ist, dass die in solchen Formen auftretenden Gesteine sich höchstens als V a r i e t ä t e n, niemals aber als specifisch verschiedene Gesteine und Mineral-Aggregate von dem sie einschliessenden Gestein unterscheiden dürfen; denn wäre diess der Fall, so würde die Form in die Kategorie der accessorischen Bestandmassen gehören.

Die Manchfaltigkeit der Concretionsformen ist nicht sehr gross. Die meisten derselben sind in der, bereits oben §. 155 erläuterten sphäroidischen Structur begründet, indem sie durch die Gränzflächen bestimmt

werden, in welchen diese Structur aufhört. Sie erscheinen daher als Kugeln, Sphäroide, Ellipsoide, Linsen, gewöhnlich von concentrisch schaliger Structur und von einer derselben entsprechenden Absonderung, welche aber, eben so wie die sphäroidische Form selbst, gar häufig erst durch die mehr oder weniger weit fortgeschrittene Verwitterung des Gesteines recht deutlich herausgearbeitet wird. Die sogenannte kugliche Absonderung ist nämlich in den meisten Fällen gar nicht als eine wirklich Absonderung, d. h. als eine während oder nach der Bildung des Gesteins entstandene Zerklüftung desselben in kugliche Stücke, sondern nur als eine in ihren Gränz- und Wechselflächen blos gelegte sphäroidische Structur zu betrachten; in allen solchen Fällen aber werden die Gränzflächen der Kugeln und die Absonderungsflächen ihrer krummschaligen Elemente nicht durch Klüfte, sondern durch Fugen bestimmt, welche öfters so lange völlig geschlossen und unsichtbar bleiben, bis sie durch die allmälige Zersetzung geöffnet worden sind.

Da schon oben viele Beispiele solcher Formen aufgeführt worden sind, so möge hier nur an den, in §. 168 erwähnten Zusammenhang erinnert werden, in welchem gewisse kugliche Absonderungen mit der säulenförmigen Absonderung stehen, wobei gleichfalls nur die letztere als wirkliche Absonderung, die erstere dagegen als ein in der Structur oder Aggregation begründetes, und erst durch die Verwitterung sichtbar gemachtes inneres Gestaltungsverhältniss betrachtet werden kann.

Ausser den bereits oben genannten Beispielen von kuglichen Concretionsformen gedenken wir noch der Kugeln im Alaunschiefer; der Schwülen und rundlichen Nieren von Mergelkalkstein im Mergel, und der Kugeln, Lenticularmassen und regellosen Concretionen im Grauwackensandstein, wie sie z. B. am Rothen Berge bei Saalfeld vorkommen, wo sie nicht selten in ihrer Mitte ein Stück petrificirtes Holz umschliessen*). Auch dürften die in manchen Quarzschiefern und Kieselschiefern vorkommenden scharf auskeilenden Lenticularmassen, und cylindrisch langgestreckten, so wie zugleich breit gedrückten Ellipsoide hierher zu rechnen sein, welche aus concentrisch oder wenigstens conform krummschaligen Platten bestehen, wie das sie einschliessende, meist dünnplattig geschichtete Gestein**).

Es giebt aber auch Concretionsformen von sehr unregelmässigen

*) Richter, Beitrag zur Paläontologie des Thüringer Waldes, 1848, S. 5.

**) Vergl. meine Beiträge zur Kenntniss Norwegens, II, S. 292 Anm.; *Macculloch, System of Geology, II, p. 176*; *Durocher* im *Bull. de la soc. géol., 2. série, III, p. 566.*

Gestalten, in welchen zwar Mittelpuncte der Bildung anzunehmen, aber schwer nachzuweisen sind, da sie sich weder in der Form noch in der Structur zu erkennen geben; was wohl zum Theil darin seinen Grund hat, dass sehr viele einzelne Concretionen in eine grössere Masse vereinigt wurden, dass man es also mit einem regellosen Aggregate vieler, an und für sich schon nicht besonders regelmässig gestalteter Concretionen zu thun hat. Dahin gehören z. B. die innerhalb der Sandablagerungen verschiedener Formationen vorkommenden Concretionen von Sandstein, welche offenbar dadurch entstanden sind, dass der Sand stellenweise längere Zeit mit Wasser getränkt war, welches Kieselerde, Eisenoxydul oder andere Substanzen aufgelöst enthielt, dass diese Kieselerde zwischen den Sandkörnern abgesetzt wurde, und solche zu einem oft sehr festen Sandsteine verkittete. Diese Concretionen, welche zuweilen mehre Lachter im Durchmesser haben, und mitunter sehr bizarre knollige, höckrige, löchrige und selbst durchbrochene Gestalten zeigen, finden sich z. B. in den Sandlagern der Böhmischen Braunkohlenformation, im Sande von Fontainebleau und anderwärts gar nicht selten.

Auch die in den Graniten, Syeniten und in anderen Gesteinen so häufig vorkommenden rundlichen Gestalten, welche sich von dem sie einschliessenden Gesteine durch die Anhäufung des einen oder anderen Gemengtheiles unterscheiden, und wohl bisweilen für eingeschlossene Geschiebe gehalten worden sind, dürften als unregelmässige Concretionsgebilde zu betrachten sein.

D. Synopsis oder Uebersicht der wichtigsten Gesteine.

§. 171. *Uebergänge verschiedener Gesteine in einander.*

Indem wir uns jetzt zu einer Uebersicht der wichtigsten, d. h. der am häufigsten in grösseren Ablagerungen vorkommenden Gesteine wenden, müssen wir eine Betrachtung über die zwischen den Gesteinen Statt findenden Uebergänge und über die Principien vorausschicken, nach welchen die Gesteine überhaupt vom petrographischen Gesichtspuncte aus in gewisse Abtheilungen und Gruppen zu bringen sind.

Es folgt schon aus dem Begriffe des Gesteins, als eines Aggregates von theils gleichartigen, theils ungleichartigen Mineraltheilen, dass selbst die krystallinischen Gesteine nicht als scharf gesonderte Species, sondern als mehr oder weniger in einander verlaufende Bildungen zu

betrachten sein werden. Der Begriff der Species, welcher für die einfachen Mineralien mit so grosser Schärfe und Bestimmtheit durchgeführt werden kann, lässt sich für die Aggregate derselben, und folglich auch für die Gebirgsgesteine, nicht in derselben Weise geltend machen. Diess gilt schon für die krystallinischen, aber noch weit mehr für die klastischen Gesteine.

Für die einfachen krystallinischen Gesteine würde sich noch am ersten eine Fixirung gewisser Species denken lassen, weil solche in ihrer reinsten Ausbildung nur als zusammengesetzte Varietäten dieser oder jener Mineralspecies zu betrachten sind. Aber auch bei ihnen wird durch die häufig eintretenden accessorischen Bestandtheile, von welchen wir zwar in der Mineralogie, nicht aber in der Petrographie abstrahiren können, eine Unbestimmtheit des Wesens herbeigeführt, durch welche ihre specifische Selbständigkeit bedeutend herabgezogen und jener der gemengten Gesteine ziemlich gleich gestellt wird.

Während daher die verschiedenen Mineralien, dafern nur ihre Species richtig bestimmt wurden, keine gegenseitigen Uebergänge zulassen, so finden wir, dass die verschiedenen Gesteine nach verschiedenen Richtungen durch Uebergänge mit einander verbunden sind. Wie wir nun vom petrographischen Standpuncte aus an einem jeden Gesteine besonders Zweierlei, nämlich das Material oder die mineralischen Bestandtheile, und die Structur oder die Verknüpfungsart dieser Bestandtheile zu unterscheiden haben, so finden auch die Uebergänge der Gesteine besonders auf zweierlei Weise Statt, indem solche entweder durch die Bestandtheile oder durch die Structur vermittelt werden.

Die durch die Bestandtheile vermittelten Uebergänge können sich auf folgende drei verschiedene Arten ausbilden:

1) Durch das allmälige Zurücktreten und endliche Verschwinden eines vorhandenen Bestandtheils. Auf diese Weise kann ein ternäres Gestein, welches aus den Bestandtheilen *a*, *b* und *c* besteht, und sich daher allgemein durch die Combination *abc* bezeichnen lässt, in die binären Gesteine von der Form *ab*, *bc* und *ca*, und zuletzt in die einfachen Gesteine der drei Mineralien *a*, *b* und *c* übergehen. Der Gneiss z. B., welcher aus Feldspath, Quarz und Glimmer besteht, geht durch das Zurücktreten des Feldspathes in Glimmerschiefer, durch das Zurücktreten des Glimmers in Granulit, der Glimmerschiefer aber durch das Zurücktreten des Glimmers in Quarzit über.

2) Durch den Eintritt und die allmälige Zunahme eines neuen Bestandtheils. Auf diese Weise gehen viele einfache Gesteine in binäre, viele binäre Gesteine in ternäre Gesteine über, und man darf zur Erläuterung dieses Verhältnisses nur die so eben angestellte Betrachtung rückwärts verfolgen, indem man von den drei einfachen Gesteinen *a*, *b* und *c* als den gegebenen ausgeht. So geht der Quarzit durch Aufnahme von Glimmer in Glimmerschiefer, und

dieser durch Aufnahme von Feldspath in Gneiss, eben so der körnige Kalkstein durch Aufnahme von Glimmer in Kalkglimmerschiefer über.

3) Durch den gegenseitigen Austausch eines Bestandtheils. Auch dieser Fall, welcher eigentlich die beiden vorhergehenden Fälle in sich vereinigt, kommt bisweilen vor. Denken wir uns z. B. zwei ternäre Gesteine *abc* und *abd*, und nehmen wir an, dass sich in dem ersten Gesteine einzelne Individuen des Minerals *d*, und eben so in dem zweiten Gesteine einzelne Individuen des Minerals *c* einfinden, so entsteht ein quaternäres Mittelgestein *abcd*, welches einen Uebergang zwischen beiden Gesteinen vermittelt. Auf diese Weise geht gar nicht selten der Granit, welcher aus Feldspath, Quarz und Glimmer besteht, in den Syenit über, von welchem manche Varietäten aus Feldspath, Quarz und Hornblende bestehen.

Die durch die Structur vermittelten Uebergänge bilden sich dagegen in der Weise aus, dass ein Gestein, ohne eine wesentliche Aenderung in der Natur seiner Bestandtheile zu erleiden, allmälig eine andere Structur annimmt. Auf diese Weise geht nicht selten der Granit in Gneiss über, indem die Glimmer-Individuen, welche anfangs regellos nach allen möglichen Richtungen in dem Gesteine eingesprengt waren, eine entschiedene parallele Anordnung erhalten. Besonders häufig bildet sich ein Uebergang aus körnigen, makrokrystallinischen, in dichte, mikrokrystallinische oder kryptokrystallinische Gesteine aus, indem alle oder einige Bestandtheile zu einer höchst feinkörnigen bis dichten Masse zusammentreten. So geht z. B. Dolerit in Basalt, Diabas in Aphanit, Granit in Porphyr, körniger Kalkstein in dichten Kalkstein über.

Wenn es sonach gar nicht abzuläugnen ist, dass es zwischen den krystallinischen Gesteinen wirkliche und z. Th. sehr manchfaltige Uebergänge giebt, so könnte man auf die Vermuthung gerathen, dass sie insgesammt nur eine grosse Familie von Mineral-Aggregaten darstellen, deren Glieder mit einander nach allen Richtungen verwandt seien. Diess ist jedoch keinesweges der Fall; es giebt gewisse Gruppen von Gesteinen, innerhalb welcher allerdings Uebergänge Statt finden, während sie doch von anderen Gruppen scharf gesondert sind. So gehören z. B. Granit, Syenit und Gneiss zu einer solchen Gruppe, Dolerit, Basalt und Wacke zu einer anderen, Gyps und Anhydrit zu einer dritten Gruppe, innerhalb welcher sehr bestimmte Uebergänge nachzuweisen sind. Aber noch niemals ist wohl irgendwo ein Uebergang aus Granit in Basalt, oder aus Gneiss in Anhydrit nachgewiesen worden; und wenn bisweilen derartige Uebergänge erwähnt werden, so kann man mit Gewissheit voraussetzen, dass ihnen eine unrichtige Beobachtung zu Grunde liegt. Wirkliche Uebergänge kommen daher nur innerhalb gewisser Gruppen oder Familien der krystallinischen Gesteine vor, und lassen sich durchaus nicht für alle solche Gesteine nach allen möglichen Richtungen hin geltend machen*).

*) Daher gehen Diejenigen zu weit, welche, wie z. B. Mohs, die Behauptung aufstellen, dass die Gebirgsgesteine sämmtlich in einander übergehen, und dass

Was die klastischen Gesteine betrifft, so sind die gewöhnlichsten Uebergänge derselben theils in der Natur, theils in der Grösse ihrer fragmentaren Gesteins-Elemente begründet. Polygene Conglomerate gehen z. B. dadurch in monogene Conglomerate über, dass die Gerölle einer und derselben Gesteinsart allmälig immer vorwaltender und endlich allein herrschend werden; dasselbe kommt bei Psammiten vor. Noch häufiger sind jedoch die durch die Grösse des Gesteinsschuttes bedingten Uebergänge, welchen zufolge psephitische, psammitische und pelitische Gesteine auf die verschiedenste Weise in einander verlaufen und mit einander abwechseln. So gehen oft Conglomerate in Sandsteine, und Sandsteine in Schieferthon über, ohne dass man eine scharfe Gränze anzugeben vermag.

Endlich giebt es auch eigenthümliche Uebergänge aus krystallinischen in klastische Gesteine, welche meist durch Breccienbildung vermittelt werden, indem das krystallinische Gestein Fragmente von sich selbst oder auch von anderen Gesteinen umschliesst, durch deren Ueberhandnehmen endlich Breccien und Conglomerate entstehen, welche weiterhin sogar in psammitische und pelitische Gesteine verlaufen können. Auf diese Weise entwickeln sich aus den Porphyren nicht selten Porphyrbreccien, Porphyrconglomerate und Porphyrtuffe oder Thonsteine, aus den Grünsteinen eben so Grünsteinconglomerate und Grünsteintuffe.

§. 172. *Schwierigkeiten einer petrographischen Classification der Gesteine.*

Die unabläugbare Thatsache, dass verschiedene Gesteine nach verschiedenen Richtungen in einander übergehen, führt nothwendig für die Classification wie für die Nomenclatur der Gesteine mancherlei Schwierigkeiten herbei.

nirgends ein Abschnitt zu machen sei, oder dass alle Gesteine gewissermaassen blosse Varietäten eines allgemeinen Gebirgsgesteines seien. (Mohs, die ersten Begriffe der Min. und Geogn., II, S. 45 u. 91). Selbst der umsichtige *Saussure* sprach sich in ähnlichem Sinne aus, wenn er sagt: *On ne sauroit trop répéter, qu'on doit trouver dans le regne minéral et qu'on y trouve en effet tous les mélanges dans toutes les proportions imaginables; d'ou résulte une infinité d'espèces mixtes et indéterminées.* (*Voy. dans les Alpes*, §. 1151). Eine solche Allgemeinheit und Unbestimmtheit des Durcheinander-Vorkommens der Mineralien findet wenigstens nicht in denjenigen Aggregaten Statt, welche als wirkliche Gebirgsgesteine zu betrachten sind.

Wo nämlich die Species keiner scharfen Abgränzung fähig sind, wo sie vielmehr bald so bald anders in einander verlaufen, da wird auch jede Classification auf schwankenden und unsicheren Grundlagen beruhen. Zuvörderst ist es einleuchtend, dass der Begriff der Species gar nicht in derselben Weise aufzufassen ist, wie in der Mineralogie, und dass wir daher unter einer Gesteinsart in der Regel nur ein Analogon der Species zu denken haben. Aber selbst dieser Begriff der Gesteinsart lässt sich nicht einmal für alle Gesteine auf eine und dieselbe Weise feststellen; es ist z. B. nicht wohl möglich, die krystallinischen und die klastischen Gesteinsarten durch eine Definition zugleich zu bestimmen; denn die ersteren sind ja Aggregate von Individuen, während die anderen Haufwerke von Fragmenten solcher Aggregate sind. Aehnliche Schwierigkeiten treten bei den amorphen, den zoogenen und anderen Gesteinsarten ein. Wir sind daher genöthigt, innerhalb einer jeden dieser Abtheilungen den Begriff von dem, was als eine und dieselbe Gesteinsart gelten soll, durch eine andere Definition auszudrücken; was etwa in folgender Weise geschehen kann.

Eine krystallinische Gesteinsart ist ein, wesentlich aus Individuen einer oder mehrer bestimmter Mineralspecies bestehendes, und mit bestimmten Arten der Structur versehenes Aggregat.

Eine klastische Gesteinsart ist ein, wesentlich aus Fragmenten einer oder mehrer bestimmter anderer Gesteine bestehendes, und mit bestimmten Arten der Structur versehenes Aggregat.

Eine amorphe Gesteinsart ist ein, wesentlich aus einer und derselben amorphen (hyalinen, porodinen oder dialytischen) Mineralmasse bestehendes, und mit einer bestimmten Structur begabtes Gestein.

Eine zoogene Gesteinsart (in der engeren Bedeutung des Wortes) ist ein, wesentlich aus wenig veränderten thierischen Ueberresten von ähnlicher Natur bestehendes Aggregat.

Eine phytogene Gesteinsart ist ein, wesentlich aus gleichmässig veränderten pflanzlichen Ueberresten bestehendes Aggregat.

Jede Gesteinsart begreift eine grössere oder kleinere Gruppe von Varietäten, welche sich gewöhnlich an die Varietäten dieser oder jener andern Gesteinsart anschliessen, obgleich es auch gewisse Gruppen giebt, von denen diess gar nicht, oder nur in sehr beschränkter Weise behauptet werden kann. Innerhalb jeder solchen Gruppe treten nun aber einige Varietäten hervor, welche, gleichsam im Mittelpuncte der Gruppe stehend, das Wesen derselben am vollkommensten darstellen, und deshalb als die eigentlichen Repräsentanten derselben zu betrachten sind. Diese eminenten und charakteristischen Varietäten sind es, in welchen

der Begriff der Species theils seine vollständige, theils seine approximative Verwirklichung erreicht. Sie sind es auch, welche durch bestimmte Merkmale fixirt und unter bestimmten Namen aufgeführt zu werden pflegen.

Es würde weder thunlich noch der Mühe werth sein, alle die zahllosen und nach verschiedenen Richtungen in einander verlaufenden Gesteins-Varietäten mit besonderen Benennungen zu belegen. Daher gelten denn auch die üblichen Gesteinsnamen zunächst nur für gewisse Varietäten, so wie auch die mit diesen Namen zu verbindenden Begriffe nur von gewissen Varietäten abstrahirt worden sind. So giebt es z. B. manchen Schiefer, welcher dermaassen mitten inne zwischen Glimmerschiefer und Thonschiefer steht, dass man für ihn weder den einen noch den anderen Namen gebrauchen kann; so findet sich mancher Gneiss, welcher dem Granite sehr nahe steht, ohne doch schon wirklich Granit heissen zu können. In solchen Fällen muss man sich bei der Benennung des Gesteins durch umschreibende Phrasen, oder auch dadurch helfen, dass man die nähere Bestimmung seines Habitus durch Apposition oder durch Adjectiva ausdrückt; wie z. B. wenn man jenen Schiefer als Thonglimmerschiefer oder diesen Gneiss als granitähnlichen Gneiss bezeichnet. Diese und andere Schwierigkeiten der Nomenclatur lassen sich gar nicht umgehen, weil sie in der Natur der Sache, d. h. in den Uebergängen verschiedener Gesteinsarten begründet sind.

Wenn nun sämmtliche Gesteinsarten nach allen Richtungen durch Uebergänge verbunden wären, so würde auch jede Classification derselben nur auf ganz willkürlichen Principien beruhen können*). Allein glücklicherweise ist diess nicht der Fall; die Uebergänge machen sich nur innerhalb gewisser Gruppen geltend, und die petrographische Classification wird daher besonders in diesen Gruppen ein Anhalten suchen müssen, um zu ansprechenden Eintheilungen zu gelangen. Nächst dem allgemeinen, und daher zunächst zu berücksichtigenden Unterschiede der krystallinischen und klastischen Gesteine ist es aber bei jenen die mineralische Zusammensetzung, bei diesen der fragmentare Bestand, in welchem die Uebergänge und Verwandtschaften derselben vorzugsweise zu verfolgen sind, weil die in der Structur begründeten Verschiedenheiten einen weit geringeren Werth haben, als die Verschiedenheiten des Materials.

*) Dann würde auch die Behauptung von Mohs gewissermaassen gerechtfertigt sein, dass es unmöglich sei, die Gebirgsgesteine einer wirklichen Classification zu unterwerfen (Mohs, a. a. O. S. 47). Allein wir können die Prämisse nicht zugestehen, dass alle Gesteine zu einer Einheit gehören, und dass es daher entweder gar keine, oder nur eine einzige Species gebe. Wir sind durchaus nicht berechtigt, nur eine solche Universalspecies anzunehmen, und zu behaupten, das sei der Omnibus, in welchen Alles hinein gehöre.

§. 173. *Versuch einer Gruppirung der Gesteine.*

Die grösseren Abtheilungen der Gesteine, welche sich etwa als verschiedene Classen aufführen lassen, dürften auf die allgemeine Beschaffenheit der Gesteins-Elemente zu gründen sein. Indem hierbei besonders der so wichtige Unterschied der krystallinischen und klastischen Elemente in Rücksicht kommt, erhalten wir zuvörderst die beiden grossen Classen der krystallinischen und klastischen Gesteine. Die Abtheilungen der amorphen, zoogenen und phytogenen Gesteine erscheinen zu unbedeutend, um sie einzeln den beiden vorgenannten zu coordiniren; wir wollen sie daher in eine dritte Classe vereinigen, welche sich als die Classe derjenigen Gesteine bezeichnen lässt, die weder krystallinisch noch klastisch sind.

In der Classe der krystallinischen Gesteine sind nun die Unterabtheilungen wesentlich auf die mineralische Zusammensetzung derselben zu gründen. Einige Gesteine bestehen fast nur aus Kieselerde; sehr viele sind aus verschiedenen Silicaten zusammengesetzt; andere werden hauptsächlich von einigen Mineralien aus der Classe der Haloide, oder doch von ähnlichen salzartigen Mineralien gebildet; und eine kleine Anzahl besteht endlich aus Eisenerzen. Demnach lassen sich die vier Ordnungen der Kieselgesteine, der Silicatgesteine, der Haloidgesteine und der Erzgesteine unterscheiden. Innerhalb jeder dieser Ordnungen fassen wir diejenigen Gesteine, welche durch die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung oder auch durch häufige Uebergänge verbunden sind, in Gruppen zusammen, welche wir Familien nennen wollen. Den Namen mag eine solche Familie allemal nach demjenigen Gesteine führen, in welchem der Familientypus am deutlichsten zur Darstellung gebracht ist.

Für die klastischen Gesteine scheint eine nur einigermaassen consequente petrographische Gruppirung mit besonderen Schwierigkeiten verbunden zu sein, weil die Zusammenschwemmung ihrer Fragmente aus dem Gebiete bald dieser bald jener Gesteinsart, weil die Sonderung oder Vermengung dieser Fragmente, der Grad ihrer Zerkleinerung, und die Beschaffenheit des Cämentes von sehr vielen und zum Theil ganz zufälligen Umständen abhängig gewesen sind. Wenn wir jedoch bedenken, dass die Bildung d i e s e r Gesteine, eben so wie jene der krystallinischen Gesteine, s u c c e s s i v Statt gefunden hat, dass also gewisse klastische Gesteine den älteren, andere den neueren geologischen Perioden angehören, so werden wir schon hierin einen Wink dafür erkennen, dass es besonders das M a t e r i a l der Fragmente sein wird, auf welches wir unser Augenmerk zu richten haben. Ein jedes klastische Gestein kann doch nur Fragmente von denjenigen Gesteinen enthalten, welche zur

Zeit seiner Bildung bereits vorhanden waren; in den älteren Gesteinen der Art werden also die Fragmente vieler Gesteine vermisst werden, welche ihrerseits nur das Material für neuere klastische Bildungen geliefert haben. Daher gewährt uns der fragmentare Bestand das wichtigste Argument für die petrographische Gruppirung der klastischen Gesteine, während ihrer Structur nur ein untergeordneter Werth zugestanden werden kann.

Auch verweist uns ja dieser fragmentare Bestand unmittelbar auf den Ursprung, auf die Herkunft eines klastischen Gesteins; was namentlich bei den Conglomeraten höchst einleuchtend ist, welche Rengger nicht unpassend mit den Palimpsesten oder *codicibus rescriptis* vergleicht*). Denn gleichwie in solchen Pergamenten nicht nur die neuere Schrift lesbar, sondern auch die ältere Schrift noch erkennbar ist, so wird uns in jedem Conglomerate nicht nur die Kenntniss eines neuen, regenerirten Gesteins, sondern auch die Hinweisung auf ein älteres, ursprüngliches Gestein geboten. Es ist daher eben so wichtig, in einem Conglomerate die petrographische Natur seiner Geschiebe zu bestimmen, als in einem krystallinischen Gestein die mineralische Natur seiner Gemengtheile; ja, die Aufgabe ist noch wichtiger, weil sie zu manchen Folgerungen über die Bildungszeit und die Herkunft des klastischen Gesteins gelangen lässt. Denn jedes Conglomerat führt in seinen vorwaltenden Geschieben den Heimathsschein, und in gewissen seiner Geschiebe den Geburtsschein mit sich.

Nun ist allerdings nicht zu läugnen, dass schon die polygenen Conglomerate der Gruppirung einige Schwierigkeiten in den Weg legen, und dass sich diese Schwierigkeiten steigern, sobald wir polygene Sandsteine vor uns haben. Weil es sich jedoch an gegenwärtigem Orte nur darum handeln kann, die wichtigsten Arten der klastischen Gesteine im Allgemeinen kennen zu lernen, so dürfen uns auch diese Schwierigkeiten nicht abhalten, wenigstens den Versuch einer petrographischen Gruppirung dieser so häufig vorkommenden Gesteine zu machen.

In der Classe derjenigen Gesteine endlich, welche weder krystallinischer noch klastischer Natur sind, dürften sich wohl am zweckmässigsten die Gruppen der porodinen, hyalinen, zoogenen und phytogenen Gesteine unterscheiden lassen. Indessen erscheint es der Uebergänge wegen nicht unangemessen, die porodinen und hyalinen Gesteine hinter diejenigen krystallinischen oder klastischen Gesteine einzuschalten, mit welchen sie nach ihrem Materiale am nächsten verwandt sind.

*) Beiträge zur Geognosie, S. 99.

Synopsis der Gesteine.

Erste Classe. Krystallinische Gesteine.

Erste Ordnung. Kieselgesteine.

§. 174. *Familie des Quarzites.*

Die Gesteine dieser Familie bestehen gänzlich oder doch hauptsächlich aus krystallinischem Quarz; ja, der reine Quarzit lässt sich in der That als eine blosse zusammengesetzte Varietät dieser Mineralspecies betrachten; auch sind die hierher gehörigen Gesteine grösstentheils phanerokrystallinische, und nur selten kryptokrystallinische Aggregate. Ausser dem Quarzit in seinen verschiedenen Varietäten, rechnen wir hierher den Itakolumit, den Greisen, den Schörlquarzit und den krystallinischen Quarzsandstein.

1) **Quarzit** (Quarzfels). Körniges bis dichtes Aggregat von kleinen Quarz-Individuen, welche mehr oder weniger fest mit einander verwachsen sind; weisse Farben sind herrschend, verlaufen aber in graue, rothe und gelbe Farben. Nach Maassgabe der Structur unterscheidet man besonders folgende Varietäten.

a) Körniger Quarzit *(quarz grénu)*; meist klein- und feinkörnig, mit deutlich erkennbaren Individuen, welche bisweilen auf Klüften und Porositäten als förmliche Krystalle erscheinen.

b) Dichter Quarzit *(quarz compacte)*; die Individuen sind nur schwer zu erkennen, indem das Gestein ein höchst feinkörniges bis fast dichtes Aggregat von grobsplittrigem Bruche darstellt; doch ist es zuweilen auf Klüften feindrusig und unter der Loupe immer als ein krystallinisches Gestein zu erkennen.

c) Schiefriger Quarzit oder Quarzschiefer. Körniger und dichter Quarzit, welche theils durch Beimengung vieler parallel eingelagerter Glimmerblättchen, theils durch eine lagenweise Abwechslung der Farbe und sonstigen Beschaffenheit eine mehr oder weniger vollkommene plane Parallelstructur und Spaltbarkeit erlangt haben. Auch zeigt der schiefrige Quarzit nicht selten eine recht deutliche Streckung, welche sich sowohl in der linearen Vertheilung der Glimmerschuppen, als auch in einer Furchung oder zarten Streifung der Schichtungsflächen zu erkennen giebt.

Nächst dem Glimmer, welcher ein sehr gewöhnlicher accessorischer Gemengtheil der Quarzite ist, erscheint noch besonders Feldspath, in krystallinischen nicht selten zu Kaolin zersetzten Körnern, welche dem dichten Quarzite zuweilen das Ansehen eines Porphyrs verleihen; dergleichen feldspathführende Quarzite sind z. B. in Schottland eine ziemlich häufige Erscheinung. Andere accessorische Bestandtheile sind Hornblende, Pistazit, Disthen, Granat,

Eisenkies, Rutil, Magneteisenerz und Gold*). Bisweilen finden sich mitten in krystallinischen Quarziten einzelne Quarzgerölle, oder auch breccienähnliche Partieen, in welchen die Quarzitfragmente durch Quarz verkittet sind.

Die Quarzite sind gewöhnlich sehr deutlich geschichtet; ja, in den schiefrigen Varietäten sind die Schichten bisweilen so schwach, dass sie sehr dünne Platten liefern; die körnigen Varietäten dagegen haben oft eine undeutliche Schichtung. Parallelepipedische oder auch unregelmässig polyëdrische Zerklüftung ist eine bei allen Varietäten häufig vorkommende Erscheinung**). Uebergänge finden besonders häufig in Glimmerschiefer, seltener in Gneiss Statt.

2) **Itakolumit.** Dieses im Allgemeinen nicht häufig vorkommende, aber in einigen Gegenden sehr verbreitete***) Gestein schliesst sich unmittelbar an gewisse Varietäten des schiefrigen Quarzites an. Es besteht wesentlich aus klein- und feinkörnigem krystallinischen Quarz und feinen Blättchen von Glimmer, Talk oder Chlorit, welche letztere theils parallel abgelagert, theils dergestalt zwischen die Quarzkörner eingefügt sind, dass diese nach mehren Seiten hin von den biegsamen Lamellen umgeben werden. Auf dieser Structur beruht die elastische Biegsamkeit, welche dünne Platten oder Tafeln des Itakolumites wahrnehmen lassen, weshalb das Gestein früher unter den Namen biegsamer Sandstein, Gelenkquarz oder elastischer Quarz aufgeführt wurde. Die Farbe richtet sich besonders nach dem glimmerartigen Bestandtheile, und ist daher silberweiss, gelblich, grünlich, blaulich oder röthlich; oft tritt auch Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat als Pigment auf, wie denn Eisenglimmer und Martit nicht selten als accessorische Bestandtheile vorkommen. Bisweilen ist das Gestein auch goldhaltig; besonders interessant aber ist das, schon früher vermuthete, und von Helmreichen und Claussen erwiesene Vorkommen der Diamanten, welche nicht nur in Brasilien, sondern auch in anderen Ge-

*) Da hier nur auf die wichtigeren Vorkommnisse Rücksicht genommen werden kann, so verweisen wir für das genauere Studium der Gesteine auf das sehr vollständige und ausführliche Werk von v. Leonhard: Charakteristik der Felsarten, Heidelberg, 1824.

**) Vom eigentlichen geschichteten Quarzite muss der makrokrystallinische, oft stängliche und drusige Quarz wohl unterschieden werden, welcher, mehr oder weniger mächtige Gänge bildend, eine ganz andere geognostische Stellung und Bedeutung hat; obwohl es höchst wahrscheinlich ist, dass diese Gänge zu gewissen Quarzit- und Sandsteinbildungen in einer sehr nahen Beziehung stehen, indem dieselben Quellen, welche sie bildeten, das Material der Quarzit- und Sandsteinschichten geliefert haben dürften. Wir werden diese Gänge stets als Quarzgänge, und ihr Gestein als Quarz oder als Quarzfels aufführen.

***) Es ist daher wohl nicht zu billigen, wenn Mohs sagt, der Itakolumit verdiene keine umständliche Erwähnung (a. a. O. S. 60), oder wenn Holger sich dahin ausspricht, dass dieses Gestein, weil es blos im südlichen Amerika und angeblich auch an ein paar Orten in Teutschland vorkomme, in einem Systeme der Felsarten gar nicht als ein selbständiges Gemenge aufgenommen, und noch weniger mit einem besonderen Namen belegt werden könne. (Elemente der Geognosie, S. 64.) Die Geologie hat es nicht blos mit Europa und mit denen dort vorkommenden Bildungen zu thun.

genden ihre ursprüngliche Lagerstätte im Itakolumit und in ähnlichen Gesteinen der Quarzitfamilie haben *). Die Structur des Gesteins wird oft psammitisch, und obwohl solche in der Regel sehr krystallinisch erscheint, so finden sich doch auch bisweilen Quarzgerölle ein, welche ein conglomeratartiges Ansehen hervorbringen. Die feinkörnigen Varietäten zeigen eine sehr ausgezeichnete Schichtung; ja, ihre Schichten werden bisweilen so dünn wie Papptafeln; die grobkörnigen und conglomeratähnlichen Varietäten dagegen sind mächtig und undeutlich geschichtet. Uebergänge kommen vor in Quarzit, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer, Eisenglimmerschiefer und Itabirit.

Der Itakolumit ist nach Eschwege in Brasilien sehr verbreitet; er bildet mächtige, z. Th. über 100 Meilen lange Schichtensysteme, und so unter anderen den 6000 F. hohen Berg Itakolumi bei Villarica, von welchem sein Name entlehnt ist. Nach Helmersen und Hofmann gewinnt er auch im südlichen Ural eine grosse Verbreitung und Mächtigkeit, und Shepard hat die Existenz desselben in mehren Gegenden der vereinigten Staaten Nordamerikas nachgewiesen. In allen genannten Ländern sind stellenweise in ihm oder doch in seiner Nähe Diamanten vorgekommen. Nach Gergens findet er sich auch im Rheinischen Schiefergebirge.

3) **Greisen** (Hyalomicte); ein aus vorwaltendem, meist sehr grobkörnigem, hellgrauem Quarz, und wenig grauem, gelbem oder ölgrünem Glimmer bestehendes Gestein, dessen Gemengtheile zu einer festen Masse von körniger Structur verbunden sind. Parallelstructur und Schichtung sind niemals vorhanden, sondern nur parallelepipedische und regellos polyëdrische Absonderung. Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders Zinnerz und Feldspath zu erwähnen, welches erstere nicht selten in ganz kleinen Theilen eingesprengt ist, während der letztere in grösseren Körnern auftritt und, wenn er überhand nimmt, einen Uebergang in Granit vermittelt. Der Greisen ist ein selten vorkommendes Gestein, und findet sich unter anderen bei Altenberg und Zinnwald in Sachsen, bei Schlackenwalde in Böhmen, und in Cornwall.

4) **Schörlquarzit** (Hyalotourmalite **), Schörlfels, Schörlschiefer, Turmalinschiefer). Gemeng aus körnigem Quarz und aus dunkelfarbigem, gewöhnlich schwarzem Turmalin oder Schörl. Nach Maassgabe des Kornes und

*) *Lucas* erkannte schon im Jahre 1815 zwei Diamanten in einem Stücke des Brasilianischen Itakolumits (*Nouveau dictionnaire d'hist. nat. Art. Diamant*); im Jahre 1820 sprach Zinken die Vermuthung aus, dass die Matrix der dortigen Diamanten eine Varietät von Chloritschiefer sein dürfte, welche Vermuthung später von v. Humboldt bestimmter für den Chloritsandstein oder Itakolumit geltend gemacht wurde (Poggend. Ann., Bd. VII, 1826, S. 520). Sie hat sich durch die von Helmreichen und Claussen gegebenen Nachweisungen vollkommen bestätigt. Im Jahre 1827 fand ein Negersclave den ersten eingewachsenen Diamant, und im Jahre 1836 wurde ein förmlicher Bergbau auf Diamanten im Itakolumite der Serra do Grao-Mogór begonnen, dessen Betrieb jedoch nach einigen Jahren wieder eingestellt wurde, weil das Gestein nicht ergiebig genug war.

**) Diesen Namen brachte *Daubrée* in Vorschlag in *Ann. des Mines, III. série, t.* 20, 1841, *p.* 84.

der Structur unterscheidet Freiesleben, welcher das Gestein zuerst als eine selbständige Species fixirte*), folgende Varietäten:

a) Körnigen Schörlfels; beide Gemengtheile sind in körnigen Individuen ausgebildet, und bilden daher ein grob- oder kleinkörniges Gestein von deutlich erkennbarer Zusammensetzung, und ohne Spuren von Parallelstructur; auch tritt zuweilen der Schörl in kleinen radial fasrigen oder strahligen Nestern auf.

b) Schiefrigen Schörlfels; der feinkörnige Quarz ist mit dem fein nadelförmigen oder ebenfalls feinkörnigen Schörl dergestalt verbunden, dass der letztere dem Quarze lagenweise eingesprengt ist, oder auch mit ihm in dünnen Lagen abwechselt, wodurch ein schwarz und weiss (oder grau) gestreiftes, dickschieferiges Gestein gebildet wird, dessen Parallelstructur gewöhnlich wellenförmig oder unregelmässig gewunden ist.

c) Dichten Schörlfels; beide Gemengtheile sind so feinkörnig ausgebildet, und so innig mit einander verwachsen, dass sie ein kryptomeres oder scheinbar einfaches, graulichschwarzes Gestein bilden.

Als accessorische Bestandtheile dieser Gesteine sind besonders Glimmer, Chlorit, Feldspath, Zinnerz, Arsenkies, bisweilen auch Granat zu nennen. Der körnige Schörlfels geht hier und da in schörlführenden Granit, der schiefrige in Glimmerschiefer und Gneiss über. Sie kommen nur selten und in kleineren Ablagerungen vor, und sind besonders in Sachsen und in Cornwall bekannt, wo sie z. Th. mit den Zinnerzgängen in einer sehr nahen Beziehung stehen. Auch die von Eschwege beschriebene Carvoeira, aus der Itakolumitformation Brasiliens, ist wesentlich ein Schörlquarzit**).

5) **Krystallinische Quarzpsammite.** In manchen Sandsteinformationen, besonders in der Buntsandsteinformation, Quadersandsteinformation und in den Sandsteinen der Braunkohlen- und Steinkohlenformation, finden sich gar nicht selten Schichten und ganze Schichtensysteme, welche aus lauter krystallinischen Quarzkörnern, ja, zuweilen aus vollständig ausgebildeten oder doch nur in ihren gegenseitigen Berührungsflächen gestörten Quarzkrystallen bestehen. Selbst die, wegen des gegenseitigen Gedränges, nur als Körner ausgebildeten Individuen zeigen häufig die Rudimente einzelner Krystallflächen, während die vollkommensten Individuen die hexagonale Pyra-

*) Geognostische Arbeiten, Bd. VI, S. 1—16. Später hat besonders *Boase* sehr viele Beiträge zur Kenntniss dieser Gesteine geliefert, in *Trans. of the geol. soc. of Cornwall*, *vol. IV*, 1832, *p.* 240 f. u. *p.* 373 f.

**) Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens, 1832, S. 178. Der Topasfels gehört zwar seinem hauptsächlichen Bestande nach zu dem Schörlquarzite; er ist aber ein klastisches Gestein; eine grobe Breccie aus quarzreichem Schörlschiefer, mit Topas und Quarz als krystallinischem Bindemittel. Da er sich bis jetzt nur an einem einzigen Puncte, bei Gottesberg im Sächsischen Voigtlande gefunden hat, so mag diese Erwähnung desselben und die Bemerkung genügen, dass es wirkliche Fragmente, nicht aber Zusammensetzungsstücke sind (wie Mohs a. a. O. S. 94 behauptet), welche das Gestein bilden, und dass diese Breccie als ein schroffer Felsen aus dem Glimmerschiefer hervorragt, ohne irgend einen Uebergang in dieses Gestein oder in den benachbarten Granit erkennen zu lassen.

mide, z. Th. mit Abstumpfungen ihrer Mittelkanten, auf das Bestimmteste erkennen lassen. (Quadersandstein am sogen. Tanzplatze bei Grüllenburg, desgleichen bei Paulshain u. a. Orten; Braunkohlensandstein von Mutzschen in Sachsen und von vielen Puncten in Böhmen; die reinen, einfarbigen Schichten des Buntsandsteins und Vogesensandsteins zeigen die Erscheinung sehr häufig; eben so der Kohlensandstein von Edinburgh, überhaupt der sog. Millstonegrit der Englischen Kohlenformation; der Sandstein der Blauen Berge in Neu-Südwales u. s. w.). Wir müssen daher viele Sandsteine als krystallinische Kieselgesteine betrachten, und es ist noch keinesweges entschieden, wie weit die Gränzen dieser krystallinischen Sandsteine zu stecken sind*). Sie zeichnen sich gewöhnlich durch eine etwas porose und sehr gleichmässigkörnige Structur, durch ein äusserst spärliches Cäment und durch eine geringe Cohäsion ihrer Körner aus. Wenn jedoch das Cäment selbst kieseliger Natur ist, so stellen sie äusserst feste Gesteine dar; auch wird dann das kieselige Bindemittel oft sehr vorwaltend, und es entstehen Gesteinsvarietäten, welche wie dichter Quarzit mit eingewachsenen Körnern von muschligem Quarz erscheinen. Indem sich solchen krystallinischen Sandsteinen kleine Gerölle und klastische Brocken von Quarz beimengen, gehen sie allmälig in klastische Sandsteine über. Die Gerölle haben dann häufig eine geätzte oder corrodirte, stark glänzende Oberfläche, gerade so, als ob sie der Wirkung einer auflösenden Flüssigkeit unterworfen gewesen wären. (Quadersandstein zwischen Niederschöna und Dippoldiswalde, Vogesensandstein). Sogar die losen Sandablagerungen der Braunkohlenformation bestehen zuweilen aus ganz krystallinischen Quarzkörnern.

§. 175. *Familie des Hornsteins.*

An die dichten Quarzite schliesst sich eine Gruppe von kryptokrystallinischen Kieselgesteinen an, als deren eigentlicher Repräsentant die unter dem Namen Hornstein bekannte Varietät des Quarzes zu betrachten ist, während der Kieselschiefer das wichtigste Glied derselben bilden dürfte, und ausserdem noch der Jaspis und der Limnoquarzit oder Süsswasserquarz zu ihr zu rechnen sind. Mit dem Hornsteine aber sind die beiden amorphen Kieselgesteine Flint oder Feuerstein und Opal so nahe verwandt, dass es zweckmässig erscheint, sie gleichfalls mit in diese Familie aufzunehmen.

1) **Kieselschiefer** (Phthanit und Lydit). Dichte, hornsteinähnliche, mit mehr oder weniger Thon, Kohlenstoff, Eisenoxydul oder Eisenoxyd

*) Die schon früher von Voigt, z. Th. auch von Deluc und Saussure aufgestellte Ansicht, dass vieler Quarzsand aus einer chemischen Auflösung der Kieselerde durch Krystallisation entstanden sei, findet daher in diesen Sandsteinen seine völlige Bestätigung. Diess berechtigt uns aber nicht, alle Sandsteine für krystallinische Bildungen zu erklären, wie solches von Mohs und Holger geschehen ist.

imprägnirte Varietät des Quarzes, welche ein unvollkommen dickschiefriges, im Bruche splittriges, sehr hartes, unschmelzbares Gestein von schmutzig weissen, grauen, rothen, braunen, besonders aber von schwarzen Farben bildet. Die Farben wechseln zuweilen in der Form von Streifen, Flammen und Flecken, wodurch gestreifte und gefleckte Varietäten entstehen, welche letztere in manchen Fällen eine täuschende Aehnlichkeit mit Breccien oder Conglomeraten erhalten, wenn die Flecke eine eckige Figur und scharfe Contoure haben; (Kieselschiefer vom Langenberge im Lockwitzthale in Sachsen). Manche bunt gestreifte Varietäten stehen dem Bandjaspis sehr nahe (Schönau bei Zwickau). Die meisten Kieselschiefer sind jedoch dunkel grau und schwarz gefärbt, welche letztere Farbe durch Kohlenstoff gebildet wird, der nicht selten so reichlich vorhanden ist, dass er auf den Fugen und Klüften des Gesteines als ein schwarzes rusiges Pulver, oder als ein stark glänzender anthracitähnlicher Ueberzug hervortritt; (Hof in Baiern, Wendischbohra bei Nossen in Sachsen). Schwarze Varietäten, welche sehr dicht und mit ebenem bis flachmuschligem Bruche versehen sind, nennt man L y d i t.

Der Kieselschiefer wie der Lydit sind in der Regel frei von accessorischen Bestandtheilen, unter denen nur der Eisenkies erwähnt zu werden verdient, welcher in den kohlenstoffreichen Varietäten nicht so gar selten ist; dagegen tritt weisser Quarz sehr häufig in accessorischen Bestandmassen von trümer- und aderähnlichen Formen auf, welche das Gestein nach allen Richtungen durchziehen. Schichtung ist gewöhnlich sehr ausgezeichnet und oft dünn plattenförmig ausgebildet; dabei zeigen jedoch die Schichten die auffallendsten Biegungen und Windungen. Tesserale und unregelmässig polyedrische Absonderung gehören zu den ganz gewöhnlichen Erscheinungen, weshalb das Gestein stark zerklüftet zu sein pflegt, und sich leicht zerstückelt. Manche Kieselschiefer sind dermaassen von blauem oder schwarzem Thonschiefer durchflochten, dass sie grobflasrige Gesteine darstellen, in welchen die Kieselschieferpartieen als langgestreckte Wülste, Linsen oder kurze Stängel auftreten, zwischen welchen sich die Thonschieferlamellen hinwinden; solche Varietäten pflegen eine sehr deutliche Streckung oder lineare Parallelstructur, und eine Neigung zu stänglicher Zerwitterung zu zeigen. Der Kieselschiefer lässt besonders häufig Uebergänge in schiefrigen oder feinkörnigen Quarzit, in Thonschiefer und in Alaunschiefer wahrnehmen, mit welchen Gesteinen er auch am häufigsten vergesellschaftet ist.

A n m e r k u n g. Dass die meisten Varietäten des Kieselschiefers in der Hauptsache wirklich nur als kryptokrystallinische Varietäten von Quarz zu betrachten sind, ergiebt sich aus allen ihren Eigenschaften und aus den Analysen von Du Menil, welcher in drei Varietäten von Bockendorf bei Hainichen, von Schierke und vom Buchenberge am Harze 96 bis 97 p. C. Kieselerde nachwies*). Dagegen giebt es aber auch manche, dem Kieselschiefer höchst ähnliche Gesteine, welche eine sehr abweichende chemische Zusammensetzung besitzen. Dahin gehört z. B. der von Du Menil analysirte, dunkelgraue sogenannte Kieselschiefer von Hasserode am Harze, welcher kaum 56 p. C. Kieselerde, über 15 p. C. Thonerde, fast 11 p. C. Eisenoxydul, beinahe 8 p. C

*) Schweiggers Journal, Bd. 28, S. 238 und Bd. 29, S. 160.

Natron, und ausserdem Kalkerde, Magnesia und 3 p. C. Glühverlust ergab; eben so das rothe, mit dem Kieselschiefer von Osterode und Lerbach in dünnen Lagen abwechselnde Mineral, auf welches Hausmann aufmerksam machte, und welches, zufolge der Analyse von Schnedermann (71,6 $\dot{Si}$, 14,75 $\ddot{\bar{Al}}$, 1,41 $\ddot{\bar{Fe}}$, 10,06 $\dot{Na}$, 1,06 $\dot{Ca}$ und 0,32 $\dot{K}$) einem innigen Gemeng von Albit und Kieselerde zu entsprechen scheint*). Noch andere kieselschieferähnliche Gesteine des Harzes dürften, nach Schnedermann's Untersuchung, wesentlich Verbindungen von Kieselerde mit viel Kalkerde und etwas Eisenoxydul sein. Diese letzteren sind leicht schmelzbar; wie denn überhaupt die völlige Unschmelzbarkeit den wahren Kieselschiefer von dergleichen ähnlichen Gesteinen unterscheidet, welche man vielleicht Felsitschiefer nennen könnte; das Wort Felsit in derjenigen Bedeutung genommen, in welcher es zuerst von Gerhard eingeführt worden ist, und in welcher wir es später zur Bezeichnung gewisser Porphyre benutzen werden.

2) **Hornstein** und **Jaspis** sind ein paar dichte Varietäten der Species Quarz, welche freilich nur selten in grösseren Ablagerungen vorkommen, desungeachtet aber nicht übergangen werden können; nur müssen wir bemerken, dass beide Namen sehr häufig für ganz andere Dinge, nämlich für kieselreiche und daher sehr harte Varietäten von Felsit gebraucht werden**), welche aber stets, als Gemenge von Kieselerde und Feldspathsubstanz, in feinen Splittern oder in scharfen Kanten schmelzbar sind, während sich die wahren Hornsteine und Jaspisarten unschmelzbar erweisen.

Gelbe, graue, braune und rothe, oft jaspis- oder eisenkieselähnliche Hornsteine bilden das hauptsächliche Material eigenthümlicher Gesteine, welche in Sachsen Quarzbrockenfels genannt worden sind, und vielleicht als wirkliche Breccien betrachtet werden müssen. Der Hornstein stellt nämlich eine sehr porose und cavernose vielfältig zerklüftete und zerstückelte Masse dar, deren Höhlungen und Klüfte von krystallisirtem Quarze z. Th. auch von Amethyst erfüllt sind, zu welchem sich oft noch etwas Brauneisenerz, Stilpnosiderit, Rotheisenerz oder Pyrolusit gesellen. Diese, wenigstens sehr breccien-ähnlichen Gesteine zeigen in der Regel nicht eine Spur von Schichtung, und auch sonst keine bemerkenswerthen Gesteinsformen, daher ihre Felsen ein äusserst rauhes und verworrenes, stückliges und knorriges Ansehen haben***). Merkwürdig ist es, dass diese und ähnliche Gesteine nicht selten in der unmittelbaren Nachbarschaft von Serpentin-Ablagerungen auftreten.

Jaspis, als geschichtetes Gestein, ist nach Alexander Brongniart ein sehr gewöhnlicher Begleiter der Serpentine Ober-Italiens, und kommt auch in Toskana so wie auf der Insel Elba sehr häufig in Verbindung mit den Fucoiden-

*) Hausmann, Ueber die Bildung des Harzgebirges, S. 79 und 104.

**) Zu diesen oft verkannten Dingen gehören z. B. nicht nur die meisten sogenannten Bandjaspise, sondern auch die Grundmassen aller sogenannten Hornsteinporphyre. Es giebt gar keinen Hornsteinporphyr und es kann keinen geben. Ich habe noch keinen gesehen, dessen Grundmasse unschmelzbar wäre.

***) Vergleiche die Geognostische Beschreibung des Königreiches Sachsen u. s. w. von Naumann und Cotta, Heft II, S. 35, 43 und 203 ff.

schiefern vor, welche Verbindung von den Italienischen Geologen mit dem Namen Galestro bezeichnet wird.

Auch tritt der Jaspis in rundlichen Knollen in den Bohnerzablagerungen Badens, in Aegypten, der Hornstein aber sehr häufig in Kugeln und anderen runden Concretionsformen in den Kalksteinen verschiedener Formationen auf.

3) **Limnoquarzit** (Süsswasserquarz, *Quarz meulière*). Höchst feinkörnige bis dichte, nicht selten porose, cariose, tubulose und cavernose, dabei aber harte und oft schwer zersprengbare Varietäten des Quarzes, welche z. Th. chalcedonähnlich werden, auch wohl stellenweise in Halbopal verlaufen, und meist gelblich-, röthlich-, graulich- oder blaulichweisse sowie verschiedene graue Farben zeigen. Häufig umschliesst das Gestein Pflanzenabdrücke, bisweilen auch verkieselte Süsswasser-Conchylien. In vielen Varietäten finden sich Körner und kleine Gerölle von Quarz ein, durch deren Ueberhandnehmen Uebergänge in klastische Sandsteine vermittelt werden; andere Varietäten entwickeln deutlich erkennbare Quarz-Individuen, und schliessen sich dadurch an die krystallinischen Quarzpsammite an. Die sehr porosen und cavernosen Varietäten des Limnoquarzites bilden den sogenannten Mühlsteinquarz, dessen bald unregelmässige bald röhrenförmige Höhlungen bisweilen mit Chalcedon überzogen oder mit Thon erfüllt sind. Eine deutliche und regelmässige Schichtung ist nur selten zu beobachten; gewöhnlich bildet das Gestein äussert regellos gestaltete aber oft bedeutend ausgedehnte Massen, welche in losem Sande, in Thon oder in Kalkstein eingeschlossen sind. Ist Schichtung vorhanden, so pflegen die Schichten sehr zerstückelt zu sein, so dass sie bisweilen wie aus lauter einzelnen, lagenweise neben einander liegenden Blöcken zusammengesetzt erscheinen.

Amorphe oder porodine Kieselgesteine.

1) **Opal.** Dieses Mineral ist bis jetzt nur in sehr untergeordneter Weise als Gebirgsgestein vorgekommen. Dasselbe bildet nämlich als Halbopal kleine Stöcke in der Tertiärformation der Gegend von Bilin in Böhmen und in Ungarn. Diese meist graugelb und braun gefärbten Opalgesteine besitzen eine sehr fein ausgebildete plane Parallelstructur, so dass sie füglich Opalschiefer genannt werden könnten. Uebrigens sind es fossilhaltige Gesteine, da sie häufig Kieselpanzer von Infusorien, bisweilen auch Cyprisschalen, Fische u. a. organische Ueberreste umschliessen. Als Menilit bildet der Opal accessorische Bestandmassen im Klebschiefer, und als Holzopal ist er eine nicht seltene Erscheinung in den Ungarischen Trachyt-Tuffen.

2) **Flint** oder Feuerstein; ausgezeichnet durch seine meist graue bis schwarze Farbe, seinen vollkommen muschligen, schimmernden Bruch, seine höchst scharfkantigen und in den Kanten stark durchscheinenden Bruchstücke, und seine leichte Zersprengbarkeit. Dieses innige Gemeng von krystallinischer und amorpher Kieselerde, welches sich einerseits an die Hornsteine, anderseits an die Opale anschliesst, in seinen gewöhnlichen Varietäten aber von beiden sehr wohl unterscheiden lässt, tritt in der Form von schmalen Schichten, noch häufiger in der Form von rundlichen Knollen in manchen Kalksteinformationen, ganz vorzüglich aber in der Kreide auf, für welche die Flint-

knollen als sehr charakteristische accessorische Bestandmassen zu betrachten sind. Wie der Flint selbst gewöhnlich eine Menge theils mikroskopischer, theils deutlich sichtbarer thierischer Ueberreste umschliesst, so hat er auch in vielen Fällen das Material der Versteinerung grösserer Thierformen (Spongien, Echiniden) geliefert, weshalb er sehr oft in der Form von Zoomorphosen angetroffen wird.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS.

Zweite Ordnung. Krystallinische Silicat-Gesteine.

§. 176. *Familie des Glimmerschiefers.*

Diese Familie begreift den Glimmerschiefer, den Talkschiefer, den Chloritschiefer und den Thonschiefer zum Theil, überhaupt also nur wenige Gesteine, von welchen jedoch zwei, nämlich der Glimmerschiefer und Thonschiefer, einen grossen Reichthum von Varietäten aufzuweisen haben, und eine äusserst wichtige Rolle in dem Baue der uns bekannten Erdkruste spielen. Indem wir nun aber gewisse Thonschiefer mit in der Classe der krystallinischen Gesteine aufnehmen, sind wir keineswegs gemeint, Alles, was unter diesem schlecht gewählten, aber nun einmal üblichen Namen aufgeführt wird, für eine krystallinische Bildung zu erklären. Denn es ist eben so wenig zu bezweifeln, dass es viele Thonschiefer von nicht krystallinischer Natur giebt, als dass andere Gesteine dieses Namens gegenwärtig als krystallinische Bildungen vorliegen, obgleich sie vielleicht ursprünglich etwas Anderes gewesen sein mögen. Ueberhaupt aber bildet die Familie des Glimmerschiefers ein sehr kritisches Gebiet, auf welchem sich einige der wichtigsten Streitfragen der Geologie bewegen.

Da wir nun einmal die krystallinische Natur gewisser Thonschiefer behaupten zu müssen glauben, so wünschten wir allerdings, dergleichen Gesteine unter einem anderen Namen aufführen zu können, weil der gebräuchliche Name auf einer ganz falschen Vorstellung der älteren Geognosie beruht. Wir möchten zu dem Ende statt des von Daubuisson und Brochant vorgeschlagenen, aber im Teutschen nicht gut anwendbaren Wortes Phyllade das Wort Phyllit in Vorschlag bringen*), um alle

*) Zwar könnte man einwenden, dass dieses Wort bereits verbraucht sei, da es Breithaupt zur Bezeichnung einer Ordnung des Mineralreiches benutzt hat. Indessen scheint mir gerade diese Ordnung in dem Mineralsystem meines verehrten Collegen weniger naturgemäss gebildet zu sein, so dass wohl das Bestehen derselben etwas zweifelhaft sein dürfte.

dergleichen kryptokrystallinische Schiefergesteine zusammenzufassen, welche hauptsächlich aus glimmerartigen Mineralien bestehen. Weil jedoch dergleichen Neuerungen der Nomenclatur von anderen Auctoritäten ausgehen müssen, so enthalten wir uns auch der Ausführung dieses Vorschlags, und behalten noch einstweilen die alte banale Benennung bei, welche wir denn freilich bei der Beschreibung der klastischen Gesteine nochmals in einer anderen Bedeutung einzuführen genöthigt sind.

1) **Glimmerschiefer** (*Micaschiste*). Dieses schiefrige, also mit ausgezeichneter Parallelstructur versehene Gestein erscheint in seinen meisten Varietäten als ein Gemeng von Quarz und einem glimmerartigen Minerale, welches zwar in der Regel der gewöhnliche, optisch zweiaxige Kaliglimmer sein dürfte, statt dessen jedoch in manchen Fällen der von Delesse bestimmte Damourit, oder auch der von Schafhäutl untersuchte Paragonit eintritt; zwei Mineralien, von denen wenigstens das erstere, nach Abzug des Wassergehaltes, eine, der von Leopold Gmelin aufgestellten Normalformel des Kaliglimmers völlig entsprechende Zusammensetzung besitzt*). Das Verhältniss, in welchem die beiden wesentlichen Gemengtheile auftreten, ist aber ein sehr schwankendes und unbestimmtes; es waltet bald der Quarz, bald der Glimmer vor; ja es giebt manche Varietäten, in welchen der Quarz so gänzlich zurückgedrängt ist, dass sie fast als reine Glimmergesteine betrachtet werden können.

Was die Structur des Gesteins anlangt, so ist solche in allen Fällen mehr oder weniger vollkommen und bald dünn- bald dickschiefrig, was in der völlig oder doch beinahe parallelen Ablagerung der Glimmerschuppen, oft auch noch ausserdem in der lagenweisen Ausbildung des Quarzes begründet ist. Die wichtigsten Modalitäten der Structur lassen sich vielleicht am besten übersehen, wenn wir dabei den Unterschied der quarzarmen und der quarzreichen Varietäten zu Grunde legen.

Die quarzarmen Varietäten, in welchen nur wenig Quarz in der Form von feinen Körnern auftritt, ja bisweilen fast aller Quarz vermisst wird, sind entweder als schuppige, oder als membranose Aggregate ausgebildet, je nachdem nämlich die Glimmerschuppen isolirt, oder zu grösseren dünnen Membranen verwebt sind. Im ersteren Falle haben viele Glimmer-Individuen eine Lage, welche der Structurfläche des Gesteines nicht völlig entspricht, sondern nur mehr oder weniger genähert ist, weshalb auch die schiefrige Structur min-

*) Vergl. meine Elemente der Mineralogie, S. 228 und 338. Auch die Zusammensetzung des Paragonites entspricht sehr nahe der eines analog zusammengesetzten Natronglimmers; und warum sollte es keine Natronglimmer geben können? Daher möchten denn wohl beide Mineralien in die Familie der Glimmer zu stellen sein; wie denn auch das Gestein vom Gotthardt nur von wenigen Mineralogen als Talkschiefer bezeichnet worden sein dürfte. In den dunkelbraunen und schwarzen Glimmerschiefern mag wohl auch Magnesiaglimmer auftreten.

der vollkommen erscheint*); im zweiten Falle besteht das ganze Gestein aus lauter über einander liegenden Glimmer-Membranen, und besitzt eine sehr vollkommene schiefrige Structur.

In den quarzreichen Varietäten ist der Quarz entweder in der Form von einzelnen Körnern ausgebildet, zwischen welchen die (oft ziemlich grossen) Glimmerschuppen dergestalt vertheilt sind, dass die Mehrzahl derselben parallel gelagert ist, wodurch körnigschuppige Aggregate von unvollkommen schiefriger Structur entstehen; oder der körnige Quarz ist in grosse, oft weit fortsetzende flache Linsen, Lamellen und Lagen vereinigt, welche durch Membranen und Lagen von kleinen in einander verwebten Glimmerschuppen abgesondert werden, wodurch laminose oder gebänderte Aggregate zum Vorschein kommen.

Ausser diesen vier gewöhnlichsten Structuren giebt es noch viele andere, deren besondere Beschreibung dem Beobachter überlassen bleiben muss; so kommen z. B. Varietäten vor, in denen der Quarz Sphäroide oder nuss- bis faustgrosse dicke Linsen bildet, zwischen welchen sich die Glimmer-Membranen wellenförmig hinwinden, so dass eine verschlungene oder symplektische Structur entsteht, deren Quarzknoten wohl bisweilen für Gerölle gehalten worden sind**). Noch ist zu bemerken, dass die membranosen Varietäten des quarzarmen Glimmerschiefers gar nicht selten eine parallele Fältelung ihrer Spaltungsflächen zeigen. Uebrigens ist die schiefrige Structur des Glimmerschiefers oft ausserordentlich gewunden, wellenförmig oder zickzackförmig gebogen, oder in anderen, bisweilen unbeschreiblich verworrenen Krümmungen ausgebildet.

Wie bei jedem schiefrigen Gesteine, so sind auch bei dem Glimmerschiefer der Hauptbruch und der Querbruch zu unterscheiden; auf dem ersteren ist der Quarz gewöhnlich gar nicht zu bemerken, weil die Spaltungsflächen des Gesteins wesentlich den Glimmerlagen folgen; im Querbruche dagegen tritt der Quarz mehr oder weniger deutlich hervor. Da nun der Quarz in der Regel weisse oder graue Farben hat, so wird auch die Farbe des Glimmerschiefers im Hauptbruche besonders durch den Glimmer bestimmt; als die gewöhnlichsten Farben dürften grünlichgrau und gelblichgrau zu bezeichnen sein; doch kommen auch weisse, gelbe, braune, grüne und fast schwarze Varietäten vor. Der im Hauptbruche hervortretende Glanz ist der halbmetallische Glanz des Glimmers.

Von accessorischen Bestandtheilen ist vor allen der Granat, als ein äusserst häufiger und fast charakteristischer Bestandtheil zu erwähnen; er erscheint als rother und brauner Granat, in isolirten Krystallen von der Form ∞O oder $2O2$, oder in individualisirten Körnern, welche dem Gesteine oft so zahlreich eingesprengt sind, dass ihnen ein wesentlicher Antheil an der Zu-

*) Ja in vielen, zumal in metamorphischen Glimmerschiefern, finden sich zahlreiche Glimmerblätter ein, welche fast oder völlig rechtwinkelig auf der Structurfläche gestellt sind.

**) Leopold v. Buch sah bei Küstad unweit Drontheim einen solchen Glimmerschiefer, dessen Quarzsphäroide 2 bis 3 Fuss im Durchmesser haben. Reise durch Norwegen, I, S. 219 f.

sammensetzung desselben zugestanden werden muss. Andere, hier und da ziemlich häufig vorkommende Bestandtheile sind Schörl, Staurolith, Disthen, Andalusit, Smaragd, Chiastolith, Hornblende (bisweilen in büschelförmigen Gruppen), Chlorit, Talk und Feldspath, durch welches letztere Mineral die Uebergänge in Gneiss, sowie durch die beiden vorher genannten die Uebergänge in Chloritschiefer und Talkschiefer vermittelt werden. Bisweilen findet sich auch Graphit ein, durch dessen Ueberhandnehmen Graphitschiefer (körnig schiefriges Gemeng aus Quarz und Graphit) entsteht.

Von accessorischen Bestandmassen sind besonders Nester, Knoten, Trümer und Adern von Quarz anzuführen, welche im Glimmerschiefer häufig auftreten, und namentlich in der ersteren Form sehr oft die verworrensten Biegungen seiner schiefrigen Structur veranlassen.

Der Glimmerschiefer hat immer eine sehr ausgezeichnete Schichtung, mit welcher die Parallelstructur des Gesteins wohl stets übereinstimmt, so dass die Erscheinung der transversalen Schieferung an ihm nicht vorzukommen scheint.

Uebergänge zeigt der Glimmerschiefer besonders häufig in Quarzschiefer, Gneiss und Thonschiefer, bisweilen auch in Chloritschiefer und Talkschiefer. Alle diese Uebergänge werden durch die Bestandtheile vermittelt, mit Ausnahme desjenigen in Thonschiefer, welcher durch das allmälige Verlaufen der phanerokrystallinischen in die kryptokrystallinische Zusammensetzung hervorgebracht wird.

2) **Thonschiefer** (*Schiste argileux*, *Ardoise*, *Phyllade*). Ein kryptokrystallinisches, bisweilen aber auch mikrokrystallinisches Gestein von sehr ausgezeichneter schiefriger Structur, von verschiedenen weissen, grauen, grünen, blauen und rothen Farben, unter welchen jedoch grünlichgrau und blaulichgrau als die gewöhnlichsten hervortreten; auf den Spaltungsflächen ist das Gestein schimmernd bis glänzend, von Perlmutter- oder Seidenglanz, welcher sich bisweilen schon dem halbmetallischen Glanze nähert. Die Härte ist nicht bedeutend, das spec. Gewicht beträgt 2,69 — 2,79*), und die meisten Varietäten sind mild. Die Spaltungsflächen des Thonschiefers sind häufig mit einer sehr zarten, geradlinigen, parallelen Streifung, oder richtiger Fältelung versehen; (vergl. oben S. 470). Mit dieser Streifung ist nicht selten die Anlage zu einer zweiten Spaltbarkeit verbunden, deren Fläche den Streifungslinien parallel ist, und die Spaltungsflächen des Hauptbruches unter einem grösseren oder kleineren Winkel durchschneidet. Dergleichen Varietäten springen oft in scheitförmige oder stängliche, statt in scheibenförmige Bruchstücke, und entwickeln bei der Verwitterung eine fast holzartig fasrige Structur, etwa so, wie manche sehr grobfasrige Varietäten des Asbestes.

*) Nach Petzholdt und Sauvage. Bei der schwankenden Zusammensetzung des Gesteins, und bei dem häufigen Vorkommen accessorischer Bestandtheile lässt sich natürlich erwarten, dass die angegebenen Gränzen des Gewichtes bisweilen nach der einen oder anderen Richtung überschritten werden. Walchner giebt demzufolge das Gewicht 2,6 bis 3,1 an. Handb. der Geognosie, 2. Aufl. S. 57.

Zur Beantwortung der sehr wichtigen Frage nach der eigentlichen mineralischen Zusammensetzung des Thonschiefers sind erst in neuerer Zeit die erforderlichen Unterlagen geliefert worden. Bei einem kryptomeren Gesteine, wie es der Thonschiefer ist, liess sich erwarten, dass diese Beantwortung wesentlich auf dem Wege der chemischen Analyse gesucht werden müsse. Indessen konnte man schon aus den so häufig vorkommenden, so allmälig und stetig zu verfolgenden Uebergängen*) des Thonschiefers in Glimmerschiefer die Vermuthung schöpfen, dass sehr viele Thonschiefer eine dem Glimmerschiefer analoge Zusammensetzung haben werden, und dass das letztere Gestein nichts Anderes, als ein, zu deutlicher krystallinischer Entwickelung gelangter Thonschiefer, oder dass dieser ein, zu einem scheinbar einfachen Gesteine zusammengesunkener Glimmerschiefer sei. Man braucht auch nur kleine Splitter von Thonschiefer unter dem Mikroskope zu betrachten, um sich durch deu Augenschein zu überzeugen, dass er sehr vorwaltend aus lauter glimmerähnlichen Lamellen zusammengesetzt ist. Die Resultate der chemischen Analyse scheinen nun auch wirklich die vorerwähnte Vermuthung in der Hauptsache zu bestätigen.

Daubuisson theilte zuerst die Analyse einer Thonschiefer-Varietät von Angers mit**), welche in der That, nach Abzug des Wassergehaltes, auf ein inniges Gemeng von vielem Glimmer mit etwas Quarz zu verweisen schien. Später wurden durch Walchuer die Analysen dreier Thonschiefer von Stokes, Holzmann und Wimpf bekannt, welche merkwürdigerweise gar keinen Kaligehalt, sondern wesentlich nur Kieselerde, Thonerde und Eisenoxyd in sehr verschiedenen Verhältnissen nachwiesen, aus denen jedoch Walchner schliessen zu können glaubte, dass die ganz reinen und homogenen Thonschiefer weder als Gemenge, noch als schiefrige Glimmergesteine, sondern als eigenthümliche chemische Verbindungen von Kieselerde und Thonerde zu betrachten seien***). Alle diese Analysen wurden in Bausch und Bogen angestellt, so dass sie nur die summarische Zusammensetzung der betreffenden Gesteine kennen lehrten. Im Jahre 1835 veröffentlichte Frick eine Arbeit über die chemische Zusammensetzung des Thonschiefers, in welcher zuerst der richtige Weg zur Sonderung der mineralischen Gemengtheile befolgt worden war, indem der in Salzsäure zersetzbare Antheil des Gesteins von dem unzersetzbaren Antheile getrennt, und ein jeder besonders auf seine Zusammensetzung untersucht wurde†). Indessen scheint dabei auf die Trennung der etwa als Quarz vorhandenen freien Kieselsäure keine Rücksicht genommen worden zu sein; auch liessen es die Localitäten, von welchen die drei untersuchten Varietäten entnommen waren, noch etwas zweifelhaft erscheinen, ob solche auch wirk-

*) Unbegreiflich ist es, wie diese Uebergänge noch neuerdings von Holger abgeläugnet werden konnten; er hält es für wünschenswerth, dass die Geognosten niemals von ihnen gesprochen hätten, indem sie dadurch gezeigt, wie sehr es ihrer Wissenschaft an strenger wissenschaftlicher Consequenz mangele. Elemente der Geogn. S. 126.

**) *Traité de Géognosie, t. II, p. 97.*

***) Handbuch der Geognosie, 2. Aufl. S. 56 f.

†) Poggend. Ann. Bd. 35, 1835, S. 188 f.

lich als krystallinische Thonschiefer zu betrachten seien. Eben so bezog sich eine später bekannt gewordene Analyse von Pleischl auf eine in dieser Hinsicht etwas zweifelhafte Varietät *). Die neueste, umfassendste und beste Arbeit über die Thonschiefer ist unstreitig die von Sauvage **), welche sich auf die Schiefer der Ardennen bezieht, die zu den ältesten und sehr krystallinischen Gesteinen der Art gerechnet werden müssen. Als die wichtigsten Resultate dieser Arbeit stellen sich folgende heraus:

1) Die Ardennenschiefer bestehen wesentlich aus einem durch Salzsäure zersetzbaren chloritartigen Minerale, aus einem durch Schwefelsäure zersetzbaren glimmerartigen Minerale, und aus Quarz ***).

2) Der chloritartige Gemengtheil tritt als ein höchst feiner Staub auf, welcher die übrigen Bestandtheile durchdringt, und, zugleich mit etwas Eisenoxyd, Manganoxyd und organischer Materie, die Farbe des Gesteins bedingt; seine Menge schwankt in runden Zahlen zwischen 10 und 30 Procent.

3) Der glimmerartige Gemengtheil erscheint in der Gestalt kleiner glänzender Blättchen, und seine Menge beträgt 30 bis 50 Procent.

4) Der Quarz, einschliesslich der geringen Beimengung von feldspathigen Theilen, bildet 25 bis 45 Procent des ganzen Gesteins.

Wir haben den einen Gemengtheil als ein glimmerartiges Mineral bezeichnet, und in der That ist er ein solches, wie nicht nur sein Auftreten in der Form feiner Schuppen, sondern auch seine chemische Zusammensetzung beweist. In den Schiefern von Rimogne und Deville z. B. weicht diese Zusammensetzung nur wenig von der des Damourites ab, wenn wir von dem Wassergehalte des letzteren abstrahiren, und einen Theil des Kali durch Magnesia, Kalkerde und Eisenoxydul ersetzt denken; in den Schiefern von Fumay und Monthermé dagegen nähert sich die Zusammensetzung der des Paragonites. Auch ist die nahe Uebereinstimmung mit mehren von Heinrich Rose analysirten Glimmer-Varietäten gar nicht zu verkennen. Die Zersetzbarkeit durch Schwefelsäure ist allerdings eine Eigenschaft, durch welche er sich von den gewöhnlichen zweiaxigen Glimmern unterscheidet. Berücksichtigt man nun die fast überall vorkommenden Uebergänge des Glimmerschiefers in den Thonschiefer, welche auf eine Herausbildung des einen Gesteins aus dem andern verweisen, und erwägt man, dass auch der Glimmerschiefer nicht selten chlorithaltig ist, so wird man im Allgemeinen kein Bedenken finden können, die meisten krystallinischen Thonschiefer für kryptokrystallinische chlorithaltige Glimmerschiefer zu erklären.

Der Thonschiefer lässt in seinen verschiedenen Varietäten alle Arten der schiefrigen Structur wahrnehmen, und besitzt zuweilen eine fast eben so

*) Journal für praktische Chemie, Bd. 31, 1844, S. 45 f.

**) *Ann. des mines*, *VII*, S. 411 f. und daraus im Auszuge im Neuen Jahrb. für Min. 1846, S. 489 f.

***) Die acht analysirten Schiefer wurden nämlich (nach Ausziehung des in einigen vorhandenen Magneteisenerzes) zuvörderst mit Salzsäure behandelt, welche dieselben entfärbte, und den chloritartigen Gemengtheil auflöste; der Rückstand liess sich in concentrirter Schwefelsäure theilweise auflösen, wodurch der glimmerartige Gemengtheil entfernt wurde, und endlich Quarz mit einigen feldspathigen Theilen gemengt zurückblieb.

vollkommene Spaltbarkeit, wie ein monotomes Mineral. Die dünnschiefrigen, gerad- und sehr vollkommen-schiefrigen Varietäten werden Dachschiefer genannt, wenn ihre übrigen Eigenschaften sie als Deckmaterial brauchbar erscheinen lassen. Uebrigens zeigt der Thonschiefer gar nicht selten eben so auffallende Biegungen und Windungen seiner Structurflächen, wie solches vom Glimmerschiefer erwähnt worden ist.

Von accessorischen Gemengtheilen sind besonders folgende zu erwähnen. Eisenkies, Magneteisenerz in kleinen Krystallen und Körnern, Feldspath, meist in sehr kleinen, selten in grösseren krystallinischen Körnern, Hornblende, in feinen kurzen Nadeln. Einige Varietäten des Thonschiefers werden durch eigenthümliche accessorische Bestandtheile charakterisirt, und deshalb gewöhnlich unter besonderen Namen aufgeführt; dahin gehören:

a) Chiastolithschiefer, (*schiste maclé*); meist schärzlichblaue bis graulichschwarze Thonschiefer, welche mit Krystallen von Chiastolith oder Hohlspath erfüllt sind, die entweder nach allen Richtungen in der Gesteinsmasse liegen, oder auch den Structurflächen derselben parallel gelagert sind. Dergleichen Schiefer finden sich in Sachsen bei Strehla, auch zwischen Berba und Dobschütz bei Leuben, und stellenweise im Voigtlande. Bekannt sind die Chiastolithschiefer von Gefrees im Fichtelgebirge, und die durch ihre grossen Krystalle ausgezeichneten Varietäten aus der Bretagne und aus den Pyrenäen, wo diese Gesteine sehr verbreitet sind.

b) Fleckschiefer; Thonschiefer mit runden oder länglichen, bisweilen auch garbenförmig gestalteten Concretionen einer schwärzlichgrünen oder schwärzlichbraunen, fahlunitähnlichen Substanz*), welche das Gestein gefleckt erscheinen lassen. Die Flecke haben meist die Grösse einer Linse oder eines Gerstenkorns, (daher wohl auch der Name Fruchtschiefer); die garbenförmigen Partieen werden bisweilen ein paar Zoll lang. Diese Fleckschiefer finden sich häufig im Gebiete dss Thonschiefers, da wo er an grössere Granitmassen gränzt, in der unmittelbaren Umgebung dieser letzteren, und bilden z. B. im Sächsischen Erzgebirge, so wie in der Schieferzone des linken Elbufers eine ziemlich gewöhnliche Erscheinung. In der Regel stehen sie schon dem Glimmerschiefer sehr nahe, da sie eine deutliche feinschuppige Zusammensetzung aus Glimmer erkennen lassen.

c) Knotenschiefer; diese Varietäten schliessen sich unmittelbar an die Fleckschiefer an, und haben gleichfalls eine sehr feinschuppige, glimmerschieferähnliche Masse**). Sie sind dadurch ausgezeichnet, dass durch kleine, dunkel gefärbte Concretionen, etwa von der Grösse eines Hirsekornes, auf den Spaltungsflächen viele flache, knotige Erhöhungen gebildet werden. Sie kommen in Sachsen besonders häufig in der, an der Gränze des Syenites hinlaufenden Thonschieferzone zwischen Wesenstein und Leuben vor.

*) Nach der Analyse von Kersten nähern sich wenigstens diese Concretionen am meisten dem Fahlunite, welchem sie auch äusserlich sehr ähnlich sind. Journal für prakt. Chemie, Bd. 31, S. 108 f. und Geognostische Beschr. des Königr. Sachsen, von Naumann und Cotta, Heft V, S. 50.

**) Geogn. Beschr. des Königr. Sachsen, Heft V, S. 49.

d) Ottrelitschiefer, (*schiste ottrélitique*); grauer Thonschiefer, welcher viele kleine, gras-, lauch- bis schwärzlichgrüne Blättchen von Ottrelit enthält; sie sind in den Ardennen bekannt, dürften sich aber auch in anderen Schiefergebirgen vorfinden.

e) Schalsteinähnlicher Thonschiefer; gewöhnlicher Thonschiefer, welcher viele eckige oder rundliche Körner oder Mandeln von Kalkspath umschliesst, und dadurch theils eine porphyrähnliche, theils eine mandelsteinartige Structur erhält; auch pflegt er häufig von Kalkspathadern durchtrümert zu sein, so dass er eine grosse Aehnlichkeit mit manchen Varietäten des sogenannten Schalsteins bekommt. In Sachsen findet er sich sehr ausgezeichnet zwischen Nossen und Zella.

Die unter a, b und c aufgeführten Varietäten des Thonschiefers sind als metamorphische Gesteine zu betrachten, welche einer abnormen Veränderung ihres ursprünglichen Zustandes unterworfen waren*). Thonschiefer mit grösseren Feldspathkrystallen hat man wohl auch porphyrartige Schiefer genannt.

Endlich lassen sich auch der Glimmer und Quarz insofern als accessorische Bestandtheile des Thonschiefers aufführen, wiefern sie zwar gewöhnlich nur in mikroskopischen Theilen ausgebildet und daher nicht erkennbar sind, bisweilen aber in deutlich sichtbaren Formen, als Glimmerschuppen und Quarzkörner, in der Masse des Gesteins hervortreten. Wenn die, gleichmässig in der ganzen Gesteinsmasse vorhandene freie Kieselerde sehr überhand nimmt, so bilden sich Uebergänge in Kieselschiefer aus. Auch der Wetzschiefer ist als eine solche sehr kieselreiche Varietät des Thonschiefers zu betrachten, welche sich gewöhnlich durch lichtgrünlichgraue oder hellgelbe Farbe auszeichnet, und in schmalen Lagen zwischen anderen Varietäten vorfindet; so besonders ausgezeichnet bei Salm - Chateau in den Ardennen.

Unter den accessorischen Bestandmassen des Thonschiefers ist vorzüglich der Quarz zu nennen, welcher sehr häufig in der Form von krystallinischen Nestern, Lagen und Trümern angetroffen wird, die bisweilen recht ansehnliche Dimensionen erreichen und in grosser Menge beisammen auftreten, so dass das Gestein nicht selten von einem förmlichen Netze solcher Quarzadern durchzogen erscheint. In der Umgebung der grösseren Quarznester pflegt die schiefrige Structur besonders unregelmässig zu sein, und die auffallendsten Biegungen, Windungen und Stauchungen zu zeigen. Weit seltener erscheint der Kalkspath in ähnlichen Formen.

Der Thonschiefer ist immer ausgezeichnet deutlich geschichtet; seine Schichten haben oft eine bedeutende Mächtigkeit, und zeigen nicht selten sehr starke Biegungen und Undulationen. Die Schieferung des Gesteins pflegt in der Regel der Schichtung parallel zu sein; in einigen Gegenden jedoch, wie z. B. in den Ardennen, ist die transversale Schieferung eine sehr gewöhn-

*) Mit diesen Gesteinen und namentlich mit dem Fleckschiefer dürften manche der von Boase unter dem Namen Proteolit aufgeführten Varietäten des Cornwaller Schiefergebirges in der Hauptsache sehr nahe übereinstimmen.

lich vorkommende Erscheinung; die dem Glimmerschiefer sehr nahe stehenden Varietäten dürften wohl niemals etwas der Art zeigen.

Unter den Uebergängen des Thonschiefers erlangen besonders zwei, wegen ihres ausserordentlich häufigen Vorkommens und wegen ihrer geologischen Bedeutung, eine grosse Wichtigkeit; es sind diess die Uebergänge einerseits in Glimmerschiefer, und anderseits in Grauwackenschiefer.

Da nun das erstere dieser beiden Gesteine ein entschieden krystallinisches, das andere aber ein entschieden klastisches Gestein ist, so oscillirt der Thonschiefer zwischen zweien Extremen von sehr verschiedenartiger Natur, und erscheint in der That bisweilen als ein Zwittergestein, über welches man zweifelhaft bleibt, ob man es in die Classe der krystallinischen oder klastischen Gesteine verweisen soll. Die Unbestimmtheit, welche dadurch in das Wesen des Thonschiefers gebracht wird, scheint ihren Grund darin zu haben, dass er, als ein ursprünglich krystallinisches Gestein zu betrachten ist, welches nach unten ganz allmälig in Glimmerschiefer verläuft, während es nach oben sehr tief eingreifenden Zersetzungsprocessen unterworfen war, deren Product im Laufe der Zeiten wenigstens theilweise eine abermalige krystallinische Entwicklung seines Stoffbestandes zu ähnlichen Mineralspecies erfuhr, wie solche anfänglich gegeben waren. Denn wir werden später sehen, dass die mächtigen Ablagerungen des Thonschiefers in der Regel auf Glimmerschiefer aufliegen, und von Grauwackenschiefer bedeckt werden.

Andere Uebergänge des Thonschiefers sind die in Quarzschiefer, Kieselschiefer, Chloritschiefer, Talkschiefer und Grünsteinschiefer.

3) **Chloritschiefer.** (*Schiste chloriteux*, *Chloritoschiste.*) Ein schuppig-schiefriges, daher meist dickschiefriges und nicht in dünne Lamellen spaltbares, lauch-, berg- bis schwärzlichgrünes, im Striche grünlichgraues, sehr weiches und mildes Gestein, welches wesentlich aus Chlorit, zuweilen mit etwas Quarz oder Feldspath, zusammengesetzt ist; oft pflegt auch Glimmer oder Talk beigemengt zu sein. Nimmt der Quarz überhand, so sondert er sich wohl auch selbständig in der Form von Lagen, Trümern und Nestern aus; werden die Feldspathkörner häufiger, so erhält das Gestein eine flasrige Structur, und ein gneissähnliches Ansehen. Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders Magneteisenerz, Granat, Talkspath, Amphibol in der Varietät Strahlstein, und Turmalin zu erwähnen. Der Chloritschiefer ist immer sehr deutlich geschichtet, zeigt Uebergänge in Talkschiefer, Glimmerschiefer, Thonschiefer und Serpentinschiefer, und gehört im Allgemeinen zu den weniger verbreiteten Gesteinen. Man kennt ihn besonders in den Alpen (am Montrosa, am Grossglockner, bei Chiavenna u. a. O.), in Schottland, im Ural, in den vereinigten Staaten Nordamerikas (Massachusets). Uebrigens scheint es, dass nicht selten grüne Glimmerschiefer und Thonschiefer als Chloritschiefer aufgeführt worden sind.

4) **Talkschiefer.** (*Schiste talqueux*, *Stéaschiste*, *Talcite.*) Ein dünn- oder dickschiefriges, meist gelblich-, grünlich- und graulichweisses oder grünlichgraues bis ölgrünes, selten anders gefärbtes, perlmutter- oder fettglänzendes, sehr weiches und mildes, fettig anzufühlendes Gestein, welches wesentlich aus Talk besteht, zu dem sich auch Quarz und Feldspath gesellen. Der Quarz erscheint theils in Körnern, theils in accessorischen Bestandmassen in der Form von Lagen, Linsen, Trümern und Nestern. Chlorit, Glimmer,

Magneteisenerz, Pyrit, Talkspath, Granat, Strahlstein und Asbest sind die wichtigsten accessorischen Bestandtheile. Der Talkschiefer ist stets geschichtet, und lässt wohl nur Uebergänge in Chloritschiefer und in gewisse Varietäten des Thonschiefers erkennen. Er gehört gleichfalls zu den minder verbreiteten Gesteinen, und tritt besonders im südlichen Theile der Alpen, in den Cantonen Wallis und Tessin, in Toskana, auf Elba, im Ural in bedeutenderen Ablagerungen auf.

Der Topfstein (Lavezstein, *pierre ollaire*) ist wohl gewöhnlich als ein filzigschuppiger, chlorithaltiger, bisweilen mit Asbest durchwebter, undeutlich schiefriger Talkschiefer zu betrachten, welcher wegen seiner Mildigkeit Zähigkeit und Feuerbeständigkeit zu Oefen, Töpfen und anderen Gegenständen verarbeitet wird. Er findet sich bei Chiavenna und in anderen Gegenden der Alpen, meist in Begleitung von Talkschiefer oder Chloritschiefer.

Listwänit; so nennt man am Ural, in der Gegend von Beresowsk, einen sehr quarzreichen, mit Talkspath oder Kalktalkspath gemengten Talkschiefer, von körnigschiefriger Structur und grüner oder gelblicher Farbe. Behandelt man das Gestein mit Säuren, so wird der Kalktalkspath aufgelöst, und es bleibt ein poröser, mit grünem Talk gemengter Quarzit zurück*). Aehnliche Gesteine finden sich nach Studer in den Alpen.

§. 177. *Familie des Granites.*

Die Familie des Granites bildet eine der wichtigsten Gruppen von krystallinischen Silicatgesteinen, welche theils geschichtete, theils massige (S. 499) Gesteine begreift, von welchen jene stets durch Parallelstructur, diese in der Regel durch Massivstructur ausgezeichnet sind; zu den ersteren gehören der Gneiss und der Granulit; zu den anderen der Granit, der Syenit und der Miascit. Durch den Gneiss wird diese Familie mit jener des Glimmerschiefers in unmittelbare Verbindung gebracht, da es eine unzweifelhafte Thatsache ist, dass der Gneiss häufig einerseits in Granit, und anderseits in Glimmerschiefer übergeht**). Da nun wiederum der Granit die entschiedensten Uebergänge in den Syenit erkennen lässt, so erscheint er als das eigentliche Verbindungsglied zwischen

*) G. Rose, Reise nach dem Ural, II, S. 537.

**) Diesen letzteren Uebergang gesteht man wohl allgemein zu, während man den ersteren oft bezweifeln möchte, weil er sich nicht mit gewissen theoretischen Ansichten in Einklang bringen lässt. In dieser Hinsicht gilt das Wort Macculloch's: *that, which ought to be, is the eternal obstacle to the discovery of that, which is.* (*System of Geol. II, p.* 150.) Wir werden im zweiten Bande zahlreiche Beweise für den öfteren Uebergang aus Granit in Gneiss kennen lernen, setzen ihn aber hier als eine völlig constatirte Thatsache voraus, obgleich er auch in sehr vielen Fällen vermisst wird.

den übrigen Gesteinen, und ist deshalb, so wie wegen seines besonders häufigen Vorkommens, als der eigentliche Repräsentant der ganzen Gruppe zu betrachten.

Feldspath, und zwar Orthoklas, ist ein höchst charakteristischer und auch meist vorwaltender Bestandtheil der ganzen Familie; zu ihm gesellt sich oft Oligoklas oder auch Albit. Der Gneiss, der Granulit und der Granit sind quarzreiche Gesteine, und auch der Syenit ist oft quarzhaltig; wogegen der Miascit statt des Quarzes Eläolith enthält. Glimmer ist ein dritter sehr allgemeiner Bestandtheil, statt dessen jedoch im Syenite Hornblende, und im Granulite oft Granat erscheint. Die Familie ist in allen ihren Gliedern durch eine sehr vollkommene krystallinische Ausbildung ihrer Bestandtheile ausgezeichnet, so dass Gesteine mit dichter Grundmasse fast gar nicht in ihr vorkommen; denn selbst die sogenannten dichten Granulite sind immer noch deutlich feinkörnig zusammengesetzt.

Wir beginnen die Betrachtung dieser Gesteinsfamilie mit dem Gneisse und Granulite, als denjenigen beiden Gesteinen, welche sich durch ihre Structur und Schichtung an die vorhergehende Familie anschliessen.

1) **Gneiss**, (Gneuss). Mit diesem, in allen Sprachen aufgenommenen Namen bezeichnet der Sächsische Bergmann seit alter Zeit ein, wesentlich aus Orthoklas, Quarz und Glimmer bestehendes Gestein, von körnigschiefriger oder flasriger Structur und deutlicher Schichtung, wie es sehr ausgezeichnet in der Gegend von Freiberg, und überhaupt im östlichen Theile des Erzgebirges vorkommt. Kersten hat gezeigt, dass der dortige Gneiss in einzelnen krystallinisch-grosskörnigen Concretionen auch Oligoklas und bisweilen Albit hält*). Doch scheint der Orthoklas in allen Gneissen als der herrschende feldspathige Gemengtheil aufzutreten. Er hat meist verschieden weisse oder licht graue, gelbe und rothe Farben, ist immer in krystallinischen Körnern ausgebildet, und durch seine glatten, perlmutterglänzenden Spaltungsflächen von dem bisweilen fast gleichfarbigen Quarze zu unterscheiden. Der Quarz erscheint in der Regel graulichweiss oder lichtgrau gefärbt; er ist mit dem Feldspathe zu einem körnigen Aggregate verbunden, dessen anderweite Verhältnisse besonders durch die Art und Weise bestimmt werden, wie der Glimmer auftritt. Dieser dritte wesentliche Bestandtheil des Gesteins kommt zwar von sehr verschiedenen, jedoch gewöhnlich von grauen, braunen und schwarzen Farben vor, und dürfte meist Kaliglimmer, bisweilen aber Magnesiaglimmer sein, wie sich denn auch nicht selten zweierlei verschieden gefärbte Glimmer zugleich vorfinden.

Die wichtigsten Structur-Varietäten des Gneisses sind nun vorzugsweise in der verschiedenen Menge und Ausbildungsweise des Glimmers begründet.

*) Journal für prakt. Chemie, Bd. 37, S. 172 ff. und daraus im Neuen Jahrb. für Min. 1847, S. 210.

Je weniger Glimmer vorhanden ist, desto unvollkommener, je mehr Glimmer vorhanden ist, desto vollkommener pflegt die Parallelstructur des Gesteins zu sein; ausserdem kommt noch viel darauf an, ob der Glimmer in isolirten Individuen, oder in Membranen ausgebildet ist, welche aus vielen in einander verwebten Individuen bestehen. Hiernach lassen sich besonders folgende Varietäten unterscheiden.

a) Körnigschuppiger Gneiss; die bisweilen ziemlich grossen Glimmer-Individuen sind als einzelne, völlig isolirte Lamellen ausgebildet, welche innerhalb der körnigen, aus Feldspath und Quarz bestehenden Gesteinsmasse in paralleler Lage ausgestreut sind;

b) Körnigflasriger Gneiss (*Granite veiné* *)); die Glimmer-Individuen sind zu kleinen, gewöhnlich etwas langgestreckten Membranen, den sogenannten Flasern, verwebt, welche innerhalb der sehr vorwaltenden körnigen Gesteinsmasse in paralleler Lage so sparsam ausgestreut sind, dass sie auf dem Hauptbruche des Gesteins nur einzeln hervortreten. Dergleichen Gneiss-Varietäten haben oft eine höchst unvollkommene Parallelstructur und Spaltbarkeit, und überhaupt ein äusserst granitähnliches Ansehen, zumal wenn die Glimmerflasern sehr klein sind; wie diess in dem Granitgneisse der Alpen, z. B. am St. Gotthard und an der Grimsel, der Fall ist, von dessen eigenthümlicher Structur Leopold von Buch eine so treffliche Schilderung gegeben hat **).

c) Flasriger Gneiss; die Glimmer-Individuen sind zu Flasern verwebt, welche in bedeutender Grösse und in grosser Anzahl auftreten, auch gewöhnlich wellenförmig gebogen und mehr oder weniger in die Länge gestreckt sind. Indem sich diese Glimmerflasern zwischen der körnigen Gesteinsmasse in paralleler Lage hinschmiegen, gelangen sie meist gegenseitig zur Berührung, wodurch die körnige Masse selbst in linsenförmige, scharf auskeilende Partieen gesondert wird, wie diess besonders im Querbruche des Gesteins sehr deutlich zu beobachten ist. Durch die Streckung der Glimmerflasern, deren längste Durchmesser einander alle parallel liegen, erhält das Gestein eine mehr oder weniger ausgezeichnete lineare Parallelstructur; weil

*) Dass Saussure in seinem bekannten Werke unter dem Ausdrucke *Granite veiné* wirklich theils körnigflasrigen, theils flasrigen Gneiss verstand, ergiebt sich nicht nur aus der Beschreibung einzelner Varietäten (z. B. §. 642 u. 646 C) sondern auch besonders aus §. 1726, wo er den Unterschied von Gneiss und *Granite veiné* dahin bestimmt, dass im letzteren die einzelnen Bestandtheile zwischen einander verwebt und verschlungen (*entrelacées*) sind, wogegen im Gneisse Glimmerlagen mit Quarzfeldspathlagen abwechseln. Entspricht vielleicht der letztere unserem körnigstreifigen Gneisse?

**) In Leonhard's Mineral. Taschenbuch für 1824, S. 393 f. Besonders auffallend ist die, auch von v. Buch hervorgehobene Ausbildungsweise des Quarzes, in der Form von kleinen, krystallinisch-feinkörnigen Aggregaten, wie er im eigentlichen Granite wohl nicht aufzutreten pflegt. Studer beschreibt das Gestein unter dem Namen Alpengranit. Lehrb. der physik. Geogr. I, S. 331. Die ausgezeichnete Schichtung, und die auf den Schichtenwechseln nicht selten glimmerschieferähnliche Natur verweisen es aber wohl zu dem Gneisse; doch geht es ganz bestimmt in Granit über.

jedoch jene Streckung nicht immer vorhanden ist, so pflegt man wohl auch langflasrigen und breitflasrigen Gneiss zu unterscheiden. Nach der Grösse der körnigen Gemengtheile oder der, zwischen den Flasern enthaltenen körnigen Partieen unterscheidet man gross-, grob-, klein- und feinflasrigen Gneiss, und ausserdem noch nach dem Querdurchmesser dieser Partieen dick- und dünnflasrigen Gneiss. Bisweilen sind einzelne grössere Feldspathkörner in der Masse des Gesteines ausgestreut, wodurch dasselbe eine porphyrartige oder knotigflasrige Structur erhält. Da die Glimmerflasern seitwärts an einander gränzen, und da sie die Spaltbarkeit und den Hauptbruch des Gesteins wesentlich bestimmen, so bemerkt man auf dem Hauptbruche hauptsächlich nur den Glimmer, welcher daher auch die Farbe des Gesteins auf dessen Spaltungsflächen bestimmt. Im Querbruche dagegen, wo die Glimmerflasern nur als feine undulirte Linien erscheinen, da treten der Feldspath und der Quarz um so deutlicher hervor. Uebrigens bilden die flasrigen Gneisse eine besonders charakteristische Varietätengruppe im Gebiete des Gneisses überhaupt.

d) Stänglicher Gneiss; so kann man füglich diejenigen Varietäten nennen, in welchen die Glimmerflasern zu sehr langgestreckten schmalen Streifen oder Bändern ausgedehnt sind, welche nach schnurgeraden oder doch nur wenig undulirten parallelen Linien durch die körnige Gesteinsmasse fortlaufen, und solche in lange, stängliche oder wulstähnliche Partieen absondern. Die bandartig ausgestreckten Glimmerflasern schmiegen sich nämlich auch seitwärts um die Gesteinsstängel, so dass sie der Structurfläche des Gesteins nur theilweise parallel sind, ausserdem aber solche unter bedeutenden Winkeln durchschneiden; diess kann endlich so weit gehen, dass die plane Parallelstructur fast ganz unterdrückt wird, und ein Gestein von asbestartig stänglicher Structur zum Vorschein kommt. Gneiss zwischen Weissenborn und Weigmannsdorf unweit Freiberg.

e) Schiefriger Gneiss; die Glimmer-Individuen sind in grössere, stetig fortsetzende Membranen verwebt, zwischen welchen die körnige Gesteinsmasse in sehr breiten linsenförmigen, oder in schmalen lagenförmigen Partieen eingeschaltet ist. Das Gestein hat auf denen, durch die Glimmer-Membranen bestimmten Spaltungsflächen einen ganz glimmerschieferähnlichen Habitus, und lässt erst im Querbruche seine wahre Natur erkennen. Dergleichen Varietäten pflegen nicht gestreckt zu sein, erhalten aber bisweilen durch einzelne, grössere und besonders gefärbte Glimmertafeln auf den Spaltungsflächen ein gesprenkeltes Ansehen.

f) Körnigstreifiger Gneiss; die Glimmer-Individuen sind in der, gewöhnlich grobkörnigen Gesteinsmasse innerhalb paralleler Lagen oder Zonen eingestreut, ohne gerade einen sehr auffallenden Parallelismus ihrer Lage zu behaupten, so dass die Parallelstructur des Gesteins weniger durch die parallele Ablagerung des Glimmers, als vielmehr durch den beständigen Wechsel glimmerfreier (oder glimmerarmer) und glimmerreicher Zonen bedingt wird, daher das Gestein im Querbruche wie gestreift oder gebändert erscheint. Die Zonen haben eine sehr verschiedene und oft wechselnde Breite, und sind nicht selten wellenförmig oder ganz unregelmässig gewunden. Dergleichen in ihren einzelnen Lagen zuweilen ganz granitähnlich erscheinende Gneisse sind in Norwegen, Schweden, Finnland und Schottland ziemlich häufig zu beobach-

ten*). Da sie in ihren einzelnen Lagen eine körnige Structur besitzen, während sie durch den Wechsel derselben gestreift erscheinen, so dürfte der Name körnigstreifig für sie recht bezeichnend sein.

g) Noch sind dem Gneisse die **Cornubianite** beizurechnen, welche sich durch ihre verworrene, schuppig-feinkörnige Structur und durch ihr beständiges Vorkommen in der Nachbarschaft granitischer Ablagerungen auszeichnen. Sie bestehen aus Glimmer, Feldspath und etwas Quarz, welche Bestandtheile jedoch in so kleinen Theilen ausgebildet und so innig durch einander gewebt sind, dass die Parallelstructur in der Regel nur noch an einer lagenweisen Abwechslung der Farbe und des Kornes zu erkennen ist. Sie haben meist schmutzige und düstere, grünlich-, gelblich und röthlichgraue, bis gelblichbraune und grünlichbraune Farben, zeigen gewöhnlich eine farbige Streifung, und häufig dunkelbraune bis schwärzlichgrüne, nicht scharf contourirte Flecke von feinkörniger Zusammensetzung. Uebrigens sind sie fest, ja z. Th. äusserst schwer zersprengbar, und mehr oder weniger deutlich geschichtet. Diese gneissartigen Gesteine finden sich im alten Schiefergebirge, da wo es an Granit angränzt, in der unmittelbaren Nähe des letzteren, während sie in grösserer Entfernung ganz allmälig in die oben, S. 559 beschriebenen Fleckschiefer übergehen. Sie können wohl nur als metamorphische Bildungen betrachtet werden, und bilden im Sächsischen Erzgebirge, in Cornwall, in den Alpen eine in der Umgebung der Granite ziemlich häufige Erscheinung. Saussüre begriff sie z. Th. unter dem Namen Palaiopêtre, welchen auch Fournet gebraucht; Boase nannte sie theils Proteolit theils Cornubianit, welcher letztere Name wohl zu ihrer Bezeichnung am geeignetsten sein dürfte**).

Der Glimmer wird in manchen Gneissen theilweise oder auch wohl gänzlich durch **Talk** oder **Chlorit** vertreten; dergleichen in den Alpen vorkommende und meist sehr granitähnliche Varietäten hat man **Protogin** genannt***). Selten tritt **Graphit** an die Stelle des Glimmers. Häufig, zumal in den körnigstreifigen Varietäten, erscheint neben dem Glimmer **Hornblende**, welche wohl auch den ersteren gänzlich verdrängt, wodurch dann Gesteine entstehen, welche **Hornblendgneiss** genannt worden sind; sie kommen nicht selten in Scandinavien, Finnland und Nordamerika vor, oft

*) Hierher gehört vielleicht auch das Gestein, welches Paulus **Gneissit** genannt hat. Orographie des Joachimsthaler Bergamts-Districtes, 1820, S. 66. Derselbe Name ist übrigens schon früher von Haberle für granulitähnliche Gesteine gebraucht worden, Leonh. Min. Taschenb. 1812, S. 84.

) Ausführlichere Schilderungen dieser Gesteine gaben: *Boase*, in *Trans. of the geol. soc. of Cornwall, vol. IV, p.* 390 f.; v. **Gutbier, in Geognostische Beschr. des Zwickauer Schwarzkohlengebirges, S. 12 f.; *Fournet*, in *Mém. sur la Géologie de la partie des Alpes comprise entre le Valais et l'Oisans, p.* 29 f. und die Geognostische Beschr. des Königreiches Sachsen von **Naumann** und **Cotta**, Heft II, S. 265 und Heft V, S. 51.

***) Jurine, der Erfinder dieses Namens, schrieb ihn sogar Protogyne, woraus man freilich nicht errathen kann, dass er sich auf das vermeintliche hohe Alter des Gesteins beziehen soll.

streifenweise mit gewöhnlichem Gneisse abwechselnd. Ausser den genannten Mineralien sind als besonders häufige accessorische Bestandtheile des Gneisses folgende anzuführen: Granat, in Krystallen und krystallinischen Körnern, meist als rother und brauner Granat; Turmalin, in säulenförmigen oder nadelförmigen Krystallen; Epidot als Pistazit, zumal in den hornblendreichen Gneissen; Cordierit, in gewissen gneissartigen, aber jedenfalls metamorphischen Gesteinen, welche im Gebiete der Sächsischen Granulitformation auftreten; Eisenkies als Pyrit; Magneteisenerz. Seltener kommen Korund, Beryll, Apatit, Zirkon, Disthen, Rutil, Titanit u. a. Mineralien vor.

Von accessorischen Bestandmassen sind im Gneisse vorzüglich Lagen und unregelmässige Nester von Quarz, von Quarz und Feldspath, sowie auch granitähnliche Concretionen zu erwähnen, welche alle meist sehr krystallinisch grobkörnig ausgebildet zu sein pflegen, und nicht selten die sie zusammensetzenden Mineralien in deutlichen Krystallen erscheinen lassen. Der Feldspath ist in solchen Concretionen bisweilen für Oligoklas oder Albit erkannt worden. Als fremdartige Einschlüsse sind in einigen seltenen Fällen Fragmente anderer Gesteine vorgekommen. Dagegen ist kein Beispiel bekannt, dass jemals organische Ueberreste, oder auch nur die Formen derselben, in einem wirklichen Gneisse beobachtet worden wären. Der Gneiss ist daher ein absolut fossilfreies Gestein*).

Der Gneiss ist auch in den meisten Fällen ein deutlich geschichtetes Gestein; nur in den sehr granitähnlichen so wie in den stänglichen Varietäten hat es zuweilen Schwierigkeit, die Schichtung zu erkennen. Die plane Parallelstructur des Gesteins ist immer vollkommen übereinstimmend mit der Schichtung, und das Vorkommen einer transversalen Schieferung oder Plattung zu den äussersten Seltenheiten zu rechnen**). Dagegen zeigen die Schichten des Gneisses nicht selten eben so auffallende Biegungen und Windungen, wie sie am Glimmerschiefer und Thonschiefer vorkommen, und namentlich lassen die körnigstreifigen Varietäten bisweilen die bizarresten Undulationen und Verschlingungen ihrer Gesteinslagen und Schichten erkennen. Die nicht selten vorkommende Streckung des Gesteins zeigt die Merkwürdigkeit, dass sie gewöhnlich in einer und derselben Gegend oder Ablagerung eine sehr bestimmte Richtung behauptet. So streichen z. B. im Gneisse der Umgegend von Freiberg die Streckungslinien *hor.* 8,4 bis 9, die Schichten mögen horizontal liegen, oder 20 bis 30° nach dieser oder jener Weltgegend hin einfallen; in dem grobflasrigen Gneisse von Bieberstein, in dem Gneissstocke von Geringswalde, und in dem körnigflasrigen Gneisse des St. Gotthard

*) Die Behauptung von *Bayle* (*Bull. de la soc. géol. 2. série, t. III, p.* 538), dass in den Gesteinen der Schwedischen Gneissformation mehrorts Spuren von Fossilien zu finden seien, bedarf wohl noch eines Beweises, bevor sie für etwas mehr, als eine blosse Behauptung zu Gunsten des Ultrametamorphismus betrachtet werden kann.

**) Keilhau erwähnt das Vorkommen solcher Gneissschichten, im *Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. IV*, 1844, S. 276; und daraus im Neuen Jahrb. für Min. 1846, S. 845.

und der Grimsel ist die Streckung der Falllinie oder Aufsteigungslinie der Schichten parallel *).

Was die Uebergänge des Gneisses in andere Gesteine betrifft, so ist bereits oben erwähnt worden, dass dergleichen besonders häufig einerseits in Granit und anderseits in Glimmerschiefer Statt finden. Wenn nämlich in einem glimmerarmen Gneisse die Glimmer-Individuen ihre parallele Anordnung aufgeben, so wird er dadurch zu einem Granite, da der wesentliche Unterschied zwischen beiden Gesteinen eben nur in ihrer Structur begründet ist. Auf ähnliche Weise kann ein hornblendreicher Gneiss in syenitartige Gesteine übergehen. Tritt dagegen in einem glimmerreichen Gneisse der Feldspath zurück, so verwandelt er sich in Glimmerschiefer; talkreiche Gneisse geben wohl eben so bisweilen in Talkschiefer über. Endlich ist noch des Ueberganges in Granulit und in Hornblendschiefer zu gedenken.

2) **Granulit.** (Weissstein, Leptinite, *Eurite schistoide.*) Dieses Gestein ist zwar dem Gneisse sehr nahe verwandt, dennoch aber von ihm hinreichend verschieden, um als eine selbständige Art aufgeführt zu werden. Der Granulit besteht wesentlich aus Feldspath (Orthoklas), Quarz und Granat; wenigstens ist diess die Zusammensetzung seiner charakteristischen Varietäten. Der Feldspath bildet eine feinkörnige Grundmasse, in welcher platte Körner, Linsen oder regelmässige, oft papierdünne Lamellen von Quarz lagenweise vertheilt sind, so dass das Gestein schon durch den Quarz eine mehr oder weniger deutliche Parallelstructur erhält, welche nicht selten als schiefrige Structur erscheint. Rothe Granaten, meist nur von der Grösse eines Mohn- oder Hirsekornes, selten bis erbsengross, oft fast mikroskopisch klein, sind mehr oder weniger reichlich in dem Gesteine ausgestreut, und wohl als wesentliche Bestandtheile anzusehen, weil sie nur selten ganz vermisst werden.

Da der Feldspath in der Regel den vorwaltenden Bestandtheil bildet, und der Quarz gewöhnlich graulichweiss oder lichtgrau gefärbt ist, so wird auch die Farbe des Gesteins hauptsächlich durch den Feldspath bestimmt. Sie ist weiss, fast in allen Nüancen, geht aber häufig in licht graue, gelbe und rothe Farben über; auch kommen lauchgrüne bis fast schwärzlichgrüne Varietäten vor, welche wahrscheinlich durch Eisenoxydul gefärbt sind **).

Von accessorischen Bestandtheilen ist zuvörderst der Glimmer zu nennen, welcher sich sehr häufig und bisweilen in ziemlicher Menge einfindet, wodurch die Parallelstructur des Gesteins gesteigert wird, weil die Lamellen oder Flasern des Glimmers stets parallel gelagert sind. Es scheint, dass der

*) Vergl. Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen, Heft V, S. 40, und Neues Jahrb. für Min. 1847, S. 308.

**) Diese Verschiedenheit der Farben macht es auch nothwendig, den alten Namen Weissstein aufzugeben, und dafür den, auch in anderer Hinsicht empfehlenswerthen, von Weiss vorgeschlagenen Namen Granulit zu gebrauchen. Holger nennt das Gestein Feldspathschiefer, gegen welche Benennung jedoch Manches einzuwenden ist. Dass die grünen Varietäten durch Hornblende gefärbt seien, gehört zu den Behauptungen der älteren Geognosie, welche in allen grünen Silicatgesteinen Hornblende als Pigment voraussetzte.

Glimmer und der Granat in einem sich gegenseitig ausschliessenden Verhältnisse stehen, indem die glimmerreichen Varietäten gewöhnlich sehr arm an Granat sind, und umgekehrt. Nächst dem Glimmer sind zu erwähnen Disthen, welcher den schiefrigen Varietäten nicht selten in einzelnen hellblauen Körnern eingesprengt ist, und Hornblende, die wohl am seltensten vorkommt.

Nach den Modalitäten der Structur und Zusammensetzung sind besonders folgende Varietäten zu unterscheiden:

a) schiefriger Granulit; das Gestein hat durch zahlreiche, papierdünne, und höchst regelmässig parallel gelagerte Quarzlamellen eine ziemlich vollkommene dick- oder dünnschiefrige Structur*);

b) körnig-schuppiger Granulit; der Quarz ist mehr in der Form von platten Linsen ausgebildet, welche einander parallel liegen; ausserdem sind auch einzelne Schuppen oder kurze Flasern von Glimmer vorhanden, so dass das Gestein noch eine deutliche Spaltbarkeit besitzt;

c) körniger Granulit; die Quarzkörner sind so wenig abgeplattet, dass sie kaum noch eine Spaltbarkeit des Gesteins bedingen, und selbst eine Parallelstructur nur undeutlich zu bemerken ist, daher das Gestein feinkörnig erscheint;

d) gneissartiger Granulit; er ist reich an Glimmer, hat daher eine feinflasrige oder dickschiefrige Structur, enthält gewöhnlich nur sehr sparsame Granaten, und wohl niemals Disthen.

Der Granulit ist in der Regel ausserordentlich deutlich und regelmässig geschichtet; nur die körnigen Varietäten machen zuweilen eine Ausnahme, indem ihre Schichten mächtiger und minder deutlich zu sein pflegen. Die schiefrigen und körnigschuppigen Varietäten liefern dagegen die schönsten Steinplatten, und zeigen meist sehr ebenflächige Schichtungsfugen, so dass wenige Gesteine in der Vollkommenheit ihrer Schichten mit ihnen wetteifern können. Die Schieferung des Gesteins ist durchgängig der Schichtung parallel. Auch zeigen manche glimmerhaltige Granulite eine recht deutliche Streckung, indem die Glimmerlamellen auf den Spaltungsflächen nach lauter parallelen Linien geordnet sind.

Der Granulit geht besonders häufig in Gneiss über, was durch das Eintreten und allmälige Ueberhandnehmen von Glimmer bewirkt wird; doch sind es meist feinflasrige und schiefrige Gneisse, welche auf diese Weise zum Vorschein kommen. Angeblich sollen auch Uebergänge in Granit und in Hornblendschiefer vorkommen; indessen pflegt der körnige Granulit fast ganz frei von Glimmer zu sein.

Noch niemals ist im Granulite auch nur die fernste Andeutung von organischen Ueberresten entdeckt worden; er ist daher ein völlig fossilfreies Gestein.

*) Natürlich muss man das Gestein im Querbruche betrachten, wenn man diese Structur erkennen will; auf der etwas verwitterten Oberfläche von Querklüften tritt sie besonders deutlich hervor.

3) **Granit.** (*Granite.*)*) Dieses sehr wichtige, weil sehr verbreitete Gestein ist wesentlich ein krystallinisch-körniges Aggregat aus Feldspath, Quarz und Glimmer, von welchen drei Gemengtheilen der erstere vorwaltend, der letztere mehr untergeordnet zu sein pflegt**). Als charakteristisch und besonders unterscheidend vom Gneisse ist die durchaus richtungslose Structur zu betrachten, welche allen ausgezeichneten Varietäten des Granites zukommt, indem nur diejenigen Varietäten eine Andeutung von Parallelstructur erkennen lassen, welche schon als Uebergangsglieder in den Gneiss anzusehen sind.

Der feldspathige Gemengtheil ist hauptsächlich Orthoklas, und zwar wohl in den meisten Fällen der gewöhnliche Kalifeldspath von der Formel $\dddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + \dot{K}\,\dddot{Si}^3$; doch haben die Untersuchungen von Svanberg gelehrt, dass auch manche anders zusammengesetzte orthoklastische Feldspathe vorkommen***), wie denn überhaupt die Natur der in den Gebirgsgesteinen auftretenden feldspathartigen Mineralien noch einer vielseitigen Untersuchung bedarf. Diese orthoklastischen Feldspathe haben gewöhnlich eine röthlichweise bis fleischrothe und ziegelrothe Farbe; doch kommen auch öfters gelblichweisse, grünlichweisse, blaulichweisse, graulichweisse und andere lichtgelb, grün†) und grau gefärbte Varietäten vor. Zugleich mit dem orthoklastischen Feldspathe tritt aber auch sehr häufig eine klinoklastische, an der Zwillungsstreifung ihrer Spaltungsflächen leicht erkennbare Feldspathspecies auf, welche

*) Nach Emmerling (Lehrb. der Mineralogie, III, S. 24) ist der Name Granit zuerst im Jahre 1698 von Tournefort gebraucht worden; weder Theophrast, noch Plinius, noch Agricola kennen ihn.

**) Holger definirt zwar den uranfänglichen Granit als ein Gemenge von ganz gleichen Mengen von Feldspath, Quarz und Glimmer; setzt aber auch gleich hinzu: »nicht mehr vorhanden« (Elemente der Geognosie, I, S. 41), so wie er ihn S. 26 ein »abstractes Gemenge«, nennt, welches jetzt nicht mehr existirt, und S. 25 eines der »Gedankendinge« von deren Betrachtung die wissenschaftliche Geognosie ausgeben müsse. Diese Ansichten dürften vielleicht für die Bekenner des Ultrametamorphismus einiges Interesse haben, welche uns glauben machen wollen, dass sich kein Gestein mehr in seinem ursprünglichen Zustande befindet, und dass auch im Schoosse der Gebirge ein fortwährender Stoff- und Generationswechsel herrscht. Wir gestehen aufrichtig, dass es uns bis jetzt noch nicht gelungen ist, den Standpunct zu erringen, welcher zur Erkennung und Anerkennung jener räthselhaften Transsubstantiationen befähigt; dass wir noch dem alten Glauben anhängen, ein frisch und unzersetzt erscheinender Granit sei noch heutzutage dasselbe Gestein, welches er unmittelbar nach seiner Ablagerung und Erstarrung gewesen ist; und dass uns zuweilen bedünken will, gar manche der vielgepriesenen Wunder des Metamorphismus dürften recht passenden Stoff zu einem 16. Buche der Ovidischen Metamorphosen liefern.

***) Journal für prakt. Chemie, Bd. 31, 1844, S. 161 ff.

†) So enthält z. B. nach G. Rose der Granit, welcher östlich vom Ilmensee Gänge im Miascit bildet, spangrünen Orthoklas, daher er denselben grünen Granit nennt; eine Benennung, unter welcher auch Studer den Granit des Julier in Graubündten aufführt, dessen vorwaltender Feldspath span- oder apfelgrün ist.

nach G. Rose's und Durocher's Untersuchungen Oligoklas, in manchen Fällen aber auch Albit ist*), und sich im ersteren Falle durch ihre leichte Schmelzbarkeit zu erkennen giebt. Zuweilen werden die Orthoklaskörner von Albit oder Oligoklas wie von einer dünnen Schale eingehüllt.

Der Quarz erscheint gewöhnlich in ungestalteten krystallinischen Körnern und Partieen von graulichweisser bis licht rauchgrauer Farbe, welche sich durch ihren muschligen Bruch, ihren Glas- oder Fettglanz, ihre Farbe und ihre völlige Unschmelzbarkeit von den feldspathigen Bestandtheilen des Gesteins leicht unterscheiden lassen. Nur selten kommen gelblich, röthlich oder blau**) gefärbte Varietäten vor, und eben so selten findet sich der Quarz in deutlich erkennbaren Krystallen, oder auch in der Form von kleinkörnig zusammengesetzten Partieen. Höchst merkwürdig ist es, dass sich der Quarz, nach der ganzen Art und Weise seines Vorkommens, insbesondere nach seiner Einfügung zwischen die übrigen Bestandtheile des Granites, als das zuletzt ausgeschiedene und in den Zustand der Starrheit übergegangene Mineral zu erkennen giebt. Wir werden im nächsten Capitel auf die, aus dieser Erscheinung gegen die Möglichkeit einer pyrogenen Bildung des Granites gefolgerten Bedenken zu sprechen kommen.

Der Glimmer, als der dritte wesentliche Bestandtheil des Granites, tritt in so auffallend verschieden gefärbten Varietäten auf, dass man wohl zu der Annahme berechtigt ist, es sei theils Kaliglimmer, theils Magnesiaglimmer, welcher in die Zusammensetzung des Gesteins eingeht. Man sieht in verschiedenen Graniten die verschiedensten weissen, grauen, grünen, gelben, braunen und schwarzen Glimmer; ja, nicht selten kommen in demselben Granite zweierlei sehr verschieden gefärbte Glimmer-Varietäten vor. Die optische und die chemische Prüfung derselben ist aber bis jetzt noch viel zu sehr vernachlässigt worden, als dass sich etwas Bestimmtes über die Natur derselben aussagen liesse. Dagegen ist es gewiss, dass in manchen sehr grobkörnigen, aber gewöhnlich nur in kleineren Massen auftretenden Graniten, Lithionglimmer vorhanden ist. Uebrigens erscheint der Glimmer meistentheils in der Form von isolirten, lamellaren oft hexagonalen Individuen, welche selten eine sehr grosse Ausdehnung gewinnen, und dann bisweilen auffallend länger als breit sind; häufig sind es nur kleine Schuppen. Kurz säulenförmige Krystalle und büschelförmige oder andere regelmässige Aggregate sind nur als Seltenheiten zu beobachten; öfter finden sich die Glimmerschuppen zu unregelmässigen Flocken versammelt.

Diese drei Gemengtheile erscheinen nun in der Regel dergestalt mit einander verwachsen, dass der Feldspath und Quarz ein körniges Aggregat bilden, in welchem die nach allen möglichen Richtungen liegenden Glimmer-Individuen bald sparsam, bald reichlich eingestreut sind, weshalb denn auch keine

*) G. Rose, in Poggend. Ann. Bd. 56, 1842, S. 617 f. und in Reise nach dem Ural, Thl. II, 1842, S. 551 f. *Durocher* in *Annales des mines*, 4. *série*, *t. VI*, *p.* 67 und in *Comptes rendus*, *t.* 25, 1847, *p.* 210.

**) Nach Cotta ist der Quarz in den Graniten der Gegend von Rumburg gewöhnlich blau gefärbt, Geogn. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft III, S. 14. Dasselbe berichtet Saussure vom Granit des *Pic blanc*.

Spur von einer bestimmten Anordnung oder Ablagerung der Gemengtheile zu erkennen ist. Der Granit ist daher ein körniges Gestein in der eigentlichsten Bedeutung des Wortes, wie diess auch sein Name besagt. Dabei kommen jedoch alle möglichen Abstufungen in der Grösse des Kornes vor, so dass man gross-, grob-, klein- und feinkörnige Granite unterscheidet; in manchen grosskörnigen Graniten sind die Gemengtheile fussgross und darüber. Gewöhnlich sind die Granite als compacte Gesteine (S. 461) ausgebildet; bisweilen aber erscheinen sie poros durch kleine eckige Höhlungen, oder sogar cavernos durch grössere Cavitäten, auf deren drusigen Wänden der Feldspath und Quarz, so wie manche accessorische Gemengtheile, in schönen Krystallen hervortreten *).

Sehr häufig zeigt der Granit die sogenannte porphyrartige Structur, indem das, ausserdem ziemlich gleichmässig-körnige Gestein einzelne grössere Feldspathkrystalle umschliesst, welche sich nicht nur durch ihre auffallende Grösse, sondern auch durch ihre gewöhnlich sehr vollständige und regelmässige Ausbildung von den kleineren und unregelmässig gestalteten Feldspathkörnern der sie umschliessenden Gesteinsmasse unterscheiden. Sie sind fast immer als Zwillingskrystalle ausgebildet, erreichen zuweilen einen Durchmesser von mehren Zollen, sind nicht selten von Glimmer durchwachsen, erscheinen dann und wann als zerbrochene und durch eingedrungene Gesteinsmasse verkittete Krystalle, und gehören nach G. Rose in allen Fällen der Species Orthoklas, welche Feldspathspecies auch ausserdem noch in der Grundmasse des Granites auftreten mag. Je grobkörniger ein solcher porphyrartiger Granit ist, um so grösser, je feinkörniger er ist, um so kleiner pflegen die in ihm ausgestreuten Orthoklaskrystalle zu sein. Gewöhnlich liegen diese Krystalle ohne alle Regel in dem sie umschliessenden Gesteine; nur in seltenen Fällen nehmen sie eine solche Lage an, dass ihre grössten Durchschnittsflächen oder ihre längsten Durchmesser einander ungefähr parallel sind.

Manche Granite sind ausserordentlich arm an Glimmer, so dass sie als körnige Aggregate von Feldspath und Quarz erscheinen, zwischen denen nur hier und da ganz sporadisch ein Glimmerblättchen zu bemerken ist. Dergleichen Granite, die meist ziemlich feinkörnig ausgebildet sind, kommen aber wohl seltener in grösseren Ablagerungen, sondern mehr in kleineren Gebirgsgliedern (in Gängen und Stöcken) vor; auch pflegen sie gewöhnlich sehr hellfarbig zu sein.

Die allgemeine Farbe des Granites wird in der Regel durch den Feldspath, als den meist vorwaltenden Gemengtheil bestimmt; nur in den sehr glimmerreichen Varietäten macht auch der Glimmer seine Farbe geltend, zumal wenn solche dunkel ist. Die Granite erscheinen daher von sehr verschiedenen Farben; doch sind hellrothe, hellgraue und weisse Varietäten als die gewöhnlichsten zu betrachten.

*) Diess ist z. B. bei dem Granite von Baveno und Lugano der Fall, von welchem Leopold v. Buch im Jahre 1827 eine treffliche Beschreibung gab, in der auch zuerst die interessante Verwachsung von Orthoklas und Albit zur Sprache gebracht und nach ihrer krystallographischen Gesetzmässigkeit dargestellt worden ist. Fournet hat diesen und ähnlichen Granit aus der Gegend von Lyon Miarolit genannt.

Sehr gross ist die Anzahl der im Granite vorkommenden accessorischen Bestandtheile. Zuvörderst muss erwähnt werden, dass in manchen Graniten Talk oder Chlorit auftreten, welche den Glimmer theilweise oder gänzlich ersetzen*). In anderen Varietäten erscheint Hornblende neben dem Glimmer, und vermittelt durch ihr allmäliges Ueberhandnehmen den Uebergang aus Granit in Syenit. In seltneren Fällen wird der Glimmer zum grossen Theile oder auch gänzlich durch Lamellen von Eisenglanz (sog. Eisenglimmer) oder von Graphit vertreten**). Ausser diesen Mineralien, welche gewissermaassen nur als locale Repräsentanten des Glimmers zu betrachten, und daher wie dieser gleichmässig in dem Gesteine ausgestreut sind, erscheinen nun noch theils als häufige und sehr verbreitete, theils als seltnere und nur sporadisch auftretende accessorische Bestandtheile besonders folgende Mineralien. Turmalin, bisweilen in schön gefärbten und frei auskrystallisirten Varietäten, zumal auf den Drusenräumen gewisser grobkörniger Granite; (Penig und Limbach in Sachsen, Insel Elba, Haddam in Connecticut, Ceylon); weit häufiger schwarz, als Schörl, in Krystallen, Stängeln, Körnern und in kleinen stänglichen oder körnigen Aggregaten; ein in manchen granitischen Regionen ausserordentlich verbreiteter Gemengtheil, so dass man das betreffende Gestein Schörlgranit nennen möchte. Granat, roth oder braun in grösseren oder kleineren Krystallen und Körnern, bisweilen ziemlich häufig eingesprengt. Topas und Beryll, theils zugleich mit Turmalin oder mit Bergkrystall auf Drusenräumen, theils eingewachsen im Gesteine, nicht so gar selten. Pinit, sporadisch oder auch gesellig; wie z. B. in manchen Graniten des Vivarais, welche so reich an Pinitkrystallen sind, dass solche einen wesentlichen Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins haben. Apatit, in eingewachsenen Krystallen und Körnern, selten. Magneteisenerz, in Krystallen und Körnern; ein häufig vorkommendes Mineral, obwohl es gewöhnlich in so kleinen Körnern eingesprengt ist, dass sich seine Anwesenheit nur durch die Einwirkung auf die Magnetnadel zu erkennen giebt. Zinnerz, ein in gewissen Graniten, welche Zinnerz-Lagerstätten umschliessen, ziemlich häufig, jedoch gleichfalls oft nur in mikroskopisch kleinen Theilen eingesprengter Gemengtheil. Eisenkies, erscheint nicht selten in kleinen Körnern oder Krystallen. Molybdänglanz, in eingewachsenen Lamellen und blättrigen Aggregaten, selten. Ausser den genannten sind noch hier und da viele andere, theils erdige, theils metallische Mineralien im Granite beobachtet worden, welche jedoch mehr ein locales Interesse haben; dahin gehören z. B. Korund, Zirkon, Pistazit, Titanit, Gadolinit, Orthit, Pyrorthit, Cordierit, Andalusit, Arsenkies, Gold und manche andere sporadisch vorkommende Mineralspecies.

*) Auch solche talk- oder chlorithaltige Granite werden mit unter dem Namen Protogin aufgeführt.

**) Granit mit Eisenglimmer kommt z. B. bei Kirchberg und Gottesgab im Fichtelgebirge, Granit mit Graphit und Glimmer bei Mendionde, Lekhurrun und Maccaye in den Pyrenäen vor.

Noch sind folgende, mit besonderen Namen belegte Gesteine zu erwähnen:

Aplit oder Pegmatit; so hat man die fast nur aus Orthoklas und Quarz bestehenden Granite genannt; auch bezeichnete man wohl überhaupt früher mit dem Worte Halbgranit solche Granite, in denen hauptsächlich nur zwei der wesentlichen Gemengtheile vorhanden sind.

Rappakivi; so nennt man in Finnland einen der Verwitterung sehr stark unterworfenen, aus Feldspath, schwarzem Glimmer und grauem Quarz bestehenden, durch runde fleischrothe Feldspathkörner porphyratigen Granit, dessen Feldspathkörner häufig von Oligoklas wie von einer Rinde umgeben werden. Er findet sich dort in dem Striche von Wiborg bis nach Lovisa*).

Schriftgranit (Pegmatit z. Th.); dieses merkwürdige Aggregat aus Feldspath und Quarz erscheint niemals in grösseren Massen, als eigentliches Gebirgsgestein, sondern es bildet nur untergeordnete Partieen innerhalb gewisser Granite oder Gneisse, weshalb sich auch G. Rose gegen den Gebrauch erklärt, den Schriftgranit als eine eigenthümliche Gebirgsart zu betrachten**). Bekanntlich besteht der Schriftgranit aus grossen Feldspath-Individuen, deren jedes einzelne viele stängliche, aber seltsam verzerrte und nur durch gestreifte Zusammensetzungsflächen begränzte Quarz-Individuen umschliesst, welche alle in paralleler Stellung nach einem sehr bestimmten Gesetze in der Feldspathmasse eingewachsen sind. Auf den Spaltungsflächen der letzteren erscheinen die Quarz-Individuen im Querbruche mit Figuren, welche in ihrer Form und reihenförmigen Anordnung an hebräische Schrift erinnern.

Der Granit ist im Allgemeinen arm an accessorischen Bestandmassen. Ausser den häufig vorkommenden Nestern und Trümern von krystallinischem Quarz, von Quarz und Feldspath, von Quarz und Schörl, und ausser den bereits mehrfach erwähnten Drusen, in welchen neben den wesentlichen Bestandtheilen des Granites oft noch manche andere Mineralien frei auskrystallisirt auftreten, sind besonders noch gewisse eigenthümliche Concretionen zu erwähnen, welche eine bald rundliche, bald abgeplattete Form besitzen, an ihren Rändern mit der umgebenden Gesteinsmasse verfliessen, durch ihre meist dunklere Farbe jedoch auffallend hervortreten, und theils in einer localen Anhäufung des Glimmers, theils in einer Modification der Grösse des Kornes, der Farbe und der sonstigen Beschaffenheit des Gesteines oder seiner Bestandtheile begründet sind. Sie widerstehen gewöhnlich der Verwitterung im höheren Grade als ihre Umgebung, treten daher zuweilen als sphäroidische Formen hervor, und sind wohl nicht selten für wirkliche Geschiebe gehalten worden.

Von fremdartigen Einschlüssen finden sich im Granite häufig Fragmente, seltener abgerundete Stücke (also Geschiebe oder Gerölle) anderer Gesteine. Diese Fragmente erscheinen theils unverändert, und scharf abgesondert von der sie einschliessenden Gesteinsmasse; theils sind sie

*) Nach Böthlingk; Neues Jahrb. für Min. 1840, S. 613. Bisweilen ist der Name Rappakivi für einen fast nur aus Feldspath und Glimmer bestehenden Granit gebraucht worden.

**) Reise nach dem Ural, I, S. 446.

mehr oder weniger auffallend verändert, und so innig mit dem Granite verschmolzen, dass ihre Contoure nicht sonderlich scharf hervortreten, und dass sie, zumal bei rundlicher Form, eine grosse Aehnlichkeit mit den so eben erwähnten Concretionen gewinnen. Wenn sie jedoch aus einem schiefrigen, oder überhaupt aus einem mit Parallelstructur versehenen Gesteine bestehen, wie diess sehr häufig der Fall ist, so können sie nicht wohl mit Concretionen verwechselt werden*). Organische Formen sind im Granite noch niemals beobachtet worden, weshalb er als ein völlig fossilfreies Gestein zu betrachten ist. Wir können daher in ihm wohl Fragmente von fossilhaltigen Gesteinen, niemals aber einen durch Granit versteinerten organischen Körper erwarten.

Der Granit ist ein massiges, ein in der Regel durchaus ungeschichtetes Gestein; so dass der Mangel an Schichtung für ihn eben so charakteristisch ist, wie der Mangel an Parallelstructur. Sobald sich aber diese letztere einfindet, sobald also der Granit gneissartig wird, so pflegt sich auch gewöhnlich eine mehr oder weniger deutliche Schichtung einzustellen. Was von älteren Schriftstellern so häufig für wirkliche Schichtung des Granites erklärt wurde, ist meistentheils nichts Anderes, als die schon oben (S. 521) erwähnte, möglicherweise in gewissen latenten Structur-Verhältnissen begründete Absonderung des Gesteines in fast horizontale Platten und Bänke, welche jedoch nicht für eigentliche Schichten gehalten werden können. Zuweilen wird auch der Granit in grosser Ausdehnung von glatten, ebenflächigen und unter einander parallelen Klüften durchsetzt, welche das Gestein in mächtige schichtenähnliche Bänke absondern, ohne dass man deshalb zur Annahme einer wirklichen Schichtung berechtigt ist**). Nicht selten findet sich am Granite eine pfeilerförmige, parallelepipedische und quaderförmige Ab-

*) In diesen Einschlüssen von Fragmenten andrer Gesteine, welche eine sehr oft vorkommende und längst bekannte Erscheinung bilden, haben neuerdings Virlet d'Aoust und Andere einen schlagenden Beweis für die Ansicht finden wollen, dass solche Granite nichts Anderes, als metamorphosirte Conglomerate seien! — Ja, man hat sogar auf ein einzelnes Quarzgeröll, welches Zippe einmal in einem Granite beobachtete, ein so ausserordentliches Gewicht gelegt, als ob dieser Kieselstein das Hypomochlion für die ganze Theorie des Granit-Metamorphismus liefern dürfte. (*Bull. de la soc. géol.* 2. *série, t. II, p.* 266, und *t. III, p.* 94.) Sehr richtig bemerkten dagegen Rivière und Constant Prévost, dass die Gegenwart solcher Fragmente und Geschiebe für nichts weniger sprechen würde, *als* für die metamorphische Bildung des Granites.

**) Diess ist unter Anderem sehr ausgezeichnet der Fall an den Granitfelsen des *linken* Elbufers unterhalb Zehren, wo die Klüfte 60 bis 80° in Ost fallen. Geogn. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft V, S. 115. *De la Beche* gab im *Report on the Geology of Cornwall etc.* 1839, *p.* 271 f. mehre Beispiele dieser Abtheilung in Parallelmassen durch Flächen, welche er *divisional planes* nennt, um sie von Schichtungsflächen zu unterscheiden. Auf den häufigen Parallelismus derselben hatte schon Sedgwick im Jahre 1821 aufmerksam gemacht.

sonderung; dagegen ist eine wirkliche säulenförmige Absonderung zu den seltneren Erscheinungen zu rechnen. Manche Granite sind vorzugsweise einer sehr scharf ausgebildeten, regellos-polyëdrischen Zerklüftung unterworfen, wodurch das Gestein in lauter kleine, scharfkantige Stücke getheilt wird; es ist diess besonders eine bei den feinkörnigen, fast glimmerfreien Varietäten sehr häufig vorkommende Erscheinung. Andere derartige Varietäten zeigen eine dünne plattenförmige Absonderung. Endlich sind kugliche Gesteinsformen nicht so gar selten zu beobachten, welche wohl in der Regel mit einer mehr oder weniger deutlich ausgebildeten oder doch wenigstens angedeuteten sphäroidischen Structur verbunden sein dürften. Die unregelmässigen Absonderungsstücke der Granite werden manchmal von gebogenen oder ausgeschweiften Flächen begränzt, welche striemig, aber sonst glatt und glänzend sind und alle Eigenschaften von Rutschflächen oder Quetschflächen besitzen; wie denn überhaupt die Kluftflächen des Gesteines nicht selten eine ähnliche Beschaffenheit zeigen, welche jedenfalls auf eine Statt gefundene gegenseitige Einwirkung der an einander gränzenden Gesteinsstücke schliessen lässt.

Von den Uebergängen des Granites sind, als besonders häufig vorkommend, die in Gneiss und Syenit, als minder häufig die in Miascit, Greisen, Schörlquarzit und Felsitporphyr zu erwähnen. Der Uebergang in Gneiss wird vermittelt durch das reichlichere Auftreten und die parallele Anordnung des Glimmers; der Uebergang in Syenit durch das Eintreten und Ueberhandnehmen von Hornblende, wodurch erst Hornblendgranite und endlich, nach Verdrängung des Glimmers und Quarzes, wahre Syenite zum Vorschein kommen. Der Miascit geht aus dem Granite hervor, indem Eläolith an die Stelle des Quarzes tritt. Zieht sich der Feldspath zurück, während der Quarz sehr vorwaltend wird, so entsteht Greisen, wogegen die schörlführenden Granite durch das Zurücktreten des Feldspaths und Glimmers in Schörlquarzit übergehen. Der Uebergang in Felsitporphyr endlich wird dadurch bedingt, dass das ganze Gestein sehr feinkörnig und zuletzt fast dicht wird, während zugleich einzelne grössere Feldspath- und Quarzkörner in ihm ausgebildet sind.

4) **Syenit***). Dieses Gestein ist wesentlich ein krystallinisch-körniges Gemeng aus Orthoklas und Hornblende, zu welchen sich nicht selten auch ein klinoklastischer Feldspath (Oligoklas oder Albit?) etwas Quarz und Glimmer gesellt. Der Orthoklas ist gewöhnlich vorwaltend, und bestimmt daher auch die allgemeine Farbe des Gesteins, welche meist roth oder weiss zu sein pflegt; die Hornblende ist dunkelgrün bis schwarz, und in der körnigen Feldspathmasse mehr oder weniger reichlich eingestreut; wenn sie vorwaltet, was nicht häufig der Fall ist, wird das ganze Gestein dunkelfarbig; übrigens sind beide Bestandtheile scharf gesondert und sehr krystallinisch ausgebildet.

*) Den Syenit unterschied erst Werner im Bergmännischen Journal von 1788, Bd. 2, S. 824. Der Name ist von Syene in Ober-Aegypten entlehnt, wo man die Existenz dieses Gesteins vermuthete. Als man später das dortige Gestein für Granit erkannte, und dagegen am Sinai Syenit vorfand, wurde von Rozière vorgeschlagen, das Wort Syenit mit Sinait zu vertauschen; indessen ist der alte Name beibehalten worden.

Nicht selten erscheint der Orthoklas in tafelförmigen jedoch zwillingsartig verwachsenen Individuen, welche ziemlich parallel gelagert sind, und eine Andeutung von planer Parallelstructur hervorbringen; auch ist bisweilen die Hornblende in säulenförmigen Individuen ausgebildet, deren Axen einander parallel liegen, wodurch eine lineare Parallelstructur vermittelt wird. Im Allgemeinen aber haben die Syenite eine völlig richtungslose, granitartige Structur, welche auch gewöhnlich ziemlich grobkörnig zu sein pflegt; zuweilen wird solche porphyrartig, indem grössere Feldspath-Individuen in dem Gesteine gleichmässig eingesprengt sind.

Der klinoklastische Feldspath, welcher nicht selten neben dem Orthoklase auftritt, ist als solcher sehr leicht an der Zwillingsstreifung seiner Spaltungsflächen zu erkennen; doch scheint er niemals vorwaltend zu werden, weshalb der Orthoklas immer als der wesentliche feldspathige Bestandtheil des Syenites zu betrachten ist*). Der Quarz und der Glimmer pflegen sich besonders da einzufinden, wo das Gestein Uebergänge in Granit entwickelt; indessen erscheinen auch in manchen ächten Syeniten die Hornblend-Individuen von grünem feinschuppigen Glimmer umgeben oder durchwachsen.

Von accessorischen Bestandtheilen sind, ausser den so eben genannten, noch besonders Titanit, Magneteisenerz, Eisenkies, Eläolith und Zirkon zu erwähnen, von welchen der Titanit als ein sehr gewöhnlicher Bestandtheil gelten muss, obgleich er nur in sehr kleinen und sparsam eingestreuten Krystallen aufzutreten pflegt, die sich jedoch unter der Loupe durch ihre braune oder gelbe Farbe, ihren Diamantglanz und selbst durch ihre Form leicht zu erkennen geben. Der Zirkon ist nur in manchen Gegenden als ein häufiger accessorischer Bestandtheil des Syenites beobachtet worden; so in dem prächtigen, grosskörnigen und durch die bisweilige Farbenwandlung seines Orthoklases ausgezeichneten Syenite von Frederiksvärn und Laurvig in Norwegen, in dem Syenite von Asby in Dalarne in Schweden, und in mehren Syeniten Grönlands. Man hat dergleichen Gesteine, wegen des beständigen und oft sehr reichlichen Vorkommens von Zirkonkrystallen, Zirkonsyenit genannt, und es ist namentlich der Norwegische Zirkonsyenit noch ausserdem durch viele andere accessorische Gemengtheile ausgezeichnet, unter denen besonders der Eläolith in grösseren Partieen auftritt.

Von accessorischen Bestandmassen sind im Syenite vorzüglich Nester, Trümer und Adern von dichtem oder auch krystallinischem Pistazit zu beobachten, wie denn auch die Klüfte des Gesteins nicht selten mit dichtem Pistazit überzogen sind. Bisweilen erscheint der Feldspath, selten der Quarz in ähnlichen Formen. Ausserdem sind rundliche oder eckige Concretionen, welche sich durch einen grösseren Gehalt an Hornblende und daher durch dunklere Farbe, so wie durch ein feineres Korn von der übrigen Gesteinsmasse unterscheiden, eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Auch zeigt das Gestein nicht selten Streifen, oder richtiger, schmale von zweien parallelen

*) Darin ist auch der hauptsächliche Unterschied zwischen Syenit und Diorit gegeben, welcher letztere so häufig unter dem Namen Syenit aufgeführt wird. Im Syenite der Vogesen fand Delesse Andesin statt Oligoklas. Neues Jahrb. 1848, S. 772.

Flächen begränzte Partieen, welche entweder auffallend arm oder reich an Hornblende sind, und daher durch ihre Farbe hervortreten. Von fremdartigen Einschlüssen sind Fragmente anderer Gesteine*), noch niemals aber organische Ueberreste beobachtet worden.

Der Syenit ist ein massiges Gestein und stimmt überhaupt in seinen formalen Verhältnissen mit dem Granite überein; ausser der gewöhnlichen unregelmässig polyëdrischen Zerklüftung kommen noch hier und da quaderförmige, pfeilerförmige, säulenförmige und plattenförmige Absonderungen vor; kugliche Gesteinsformen sind seltener, als am Granite, und Andeutungen von Schichtung dürften nur dann zu beobachten sein, wenn das Gestein durch parallele Ablagerung der Feldspath-Individuen oder durch beigemengten Glimmer eine Plattung oder plane Parallelstructur erhalten hat.

Der Syenit zeigt besonders häufig Uebergänge in Granit**) und in Amphibolit; auch werden Uebergänge in Diorit und in Felsitporphyr angegeben.

5) **Miascit.** Dieses zuerst von Gustav Rose in der Gegend von Miask erkannte und bestimmte Gestein***) ist ein grobkörniges Gemeng aus weissem Orthoklas, graulichweissem oder gelblichweissem Eläolith und schwarzem Glimmer; stellenweise tritt der Eläolith zurück, und dann erscheinen Hornblende, Albit und wohl auch etwas Quarz. Die Structur des Gesteines ist granitisch und zum Theil sehr grobkörnig; doch kommen auch Varietäten mit flasriger Structur vor. Der Miascit ist reich an accessorischen Bestandtheilen, besonders an Zirkon, Sodalith, Cancrinit, Apatit, Pyrochlor, Monazit u. a. Mineralien, steht im Allgemeinen dem Syenite näher als dem Granite, und zeigt die meisten Analogieen mit dem Zirkonsyenite des südlichen Norwegens. Er bildet einen bedeutenden Theil des Ilmengebirges bei Miask, wo er westlich von Gneiss und östlich von Granit begränzt wird.

*) In Massachusets wird nach Hitchcock der Syenit stellenweise conglomeratartig, indem er eine Menge abgerundeter Fragmente von Hornblendschiefer, schiefrigem Quarzit und quarzigem Glimmerschiefer umschliesst. *Report on the Geology of Massachusets*, 1833, *p*. 454.

**) Diese Uebergänge, durch welche der Granit und der Syenit als ein paar innig verwandte Gesteine charakterisirt werden, bestimmten Macculloch, die Unterscheidung beider gänzlich zu verwerfen, und den Granit allgemein als ein aus vier Gemengtheilen, nämlich aus Feldspath, Quarz, Glimmer und Hornblende bestehendes Gestein zu betrachten, welche Gemengtheile sich zu zwei, drei oder vier combiniren können. *System of Geology*, *II*, *p*. 81. Wir sind der Ansicht, dass beide Gesteine in ihren charakteristischen Varietäten hinreichende petrographische Eigenthümlichkeit und geognostische Selbständigkeit zeigen, um als verschiedene Gesteine betrachtet werden zu können. Nach Macculloch's Princip würden eine Menge von Gesteinen zusammenfallen, deren Unterscheidung doch sehr nothwendig ist.

***) Poggend. Annalen, Bd. 47, S. 375, Reise nach dem Ural, Bd. II, S. 47 f. auch S. 95 und 535.

§. 178. *Familie des Diorites.*

Von den vielen, ehemals unter dem Namen Grünstein zusammengeworfenen Gesteinen sind zunächst diejenigen, welche hauptsächlich aus gemeiner Hornblende (aus grünem bis grünlichschwarzem Amphibol) bestehen, als eine besondere Gruppe auszuscheiden, welche sich nach einem vorzüglich ausgezeichneten Gliede als die Familie des Diorites, oder auch nach dem charakteristischen Bestandtheile als die Familie des Amphibolites bezeichnen lässt. Ausser der Hornblende sind als wesentliche Bestandtheile der hierher gehörigen Gesteine noch Albit und Quarz zu betrachten, obgleich sie bisweilen gar nicht oder nur in so geringer Menge auftreten, dass manche Gesteine fast nur als Hornblendgesteine zu betrachten sind. Wir rechnen zu dieser Familie besonders den Amphibolit, den Diorit und den Dioritporphyr, so wie ausserdem einige beiläufig zu erwähnende Gesteine.

1) **Amphibolit** (Hornblendgestein, Hornblendschiefer). Ein Aggregat aus gemeiner, dunkelgrüner bis schwarzer Hornblende von körniger oder fasriger Structur; oft ist auch etwas Albit, Quarz und brauner Glimmer beigemengt, während ausserdem Eisenkies, Granat und Pistazit als accessorische Gemengtheile auftreten, auch der letztere nicht selten in accessorischen Bestandmassen vorkommt. Man unterscheidet nach der Structur folgende Varietäten:

a) Körniger Amphibolit, grosskörnig bis feinkörnig, ohne deutliche Spuren von Parallelstructur, indem die kurzstänglichen oder körnigen Hornblend-Individuen nach allen Richtungen durch einander gewachsen sind; findet sich häufig im Gebiete des Gneisses und Glimmerschiefers.

b) Schiefriger Amphibolit (Hornblendschiefer), klein- und feinkörnig mit Anlage zu fasriger Structur, bei welcher die kurzstänglichen oder fasrigen Individuen zwar verworren durcheinander gewebt sind, jedoch dergestalt, dass eine mehr oder weniger deutliche plane Parallelstructur resultirt, und das ganze Gestein eine unvollkommene dickschiefrige Structur zeigt, welche auch dann noch zurückbleibt, wenn dasselbe sehr mikrokrystallinisch ausgebildet ist. Pistazit tritt nicht selten, jedoch weniger in einzelnen Körnern, als in der Form von dünnen Lagen auf, welche meist feinkörnig bis dicht sind, und durch ihre licht gelblichgrüne Farbe gegen das schwärzlichgrüne Gestein sehr auffallend abstechen. Andere Varietäten sind reich an eingesprengten rothen oder braunen Granatkrystallen oder auch an Magneteisenerz, während der Eisenkies mehr sporadisch in einzelnen kleinen Körnern vorkommt. Auf Nestern und Trümern treten nicht selten Quarz, Feldspath, Hornblende u. a. Mineralien in Drusen auf. Der schiefrige Amphibolit ist meist sehr deutlich geschichtet und eine sehr häufige Erscheinung in denen aus Gneiss oder Glimmerschiefer bestehenden Gegenden.

c) Strahlsteinschiefer (Aktinolithschiefer, *actinolite-slate*) hat man solche Varietäten des Amphibolites genannt, welche nicht aus dunkel-

grüner und schwarzer Hornblende, sondern aus lauchgrünem und grünlichgrauem Aktinolith bestehen, dessen fasrige oder dünnstängliche Individuen (gewöhnlich zugleich mit etwas Feldspath oder Quarz) zu einem dickschiefrigen Gesteine verbunden sind. Dergleichen von Saussure, Macculloch und einigen Amerikanischen Geologen hervorgehobene Gesteine sind in den Alpen, in Schottland, in Massachusets und anderen Staaten Nordamerikas bekannt; auch bei Klausen in Tyrol und am südlichen Abfalle des Erzgebirges unweit Oberwiesenthal kommen recht ausgezeichnete Varietäten vor*).

d) Das von den französischen Geologen unter dem Namen Kersanton aufgeführte Gestein, welches in der Bretagne ziemlich häufig vorkommt, ist ein wesentlich aus Hornblende und Glimmer bestehendes Aggregat, welchem aber auch oft etwas Feldspath und Kalkspath beigemengt sind, daher es gewöhnlich mit Säuren aufbraust. Es findet sich besonders in der Gegend von Brest und Quimper, und ist, als ein leicht zu bearbeitendes und der Verwitterung widerstehendes Gestein, vielfach zu den schönen Kirchen, Kapellen u. a. Bauten des Mittelalters verwendet worden, an welchen die Bretagne so reich ist**).

2) **Diorit.** Unter diesem Namen führte zuerst Hauy gewisse, aus weissem Feldspath und schwarzer Hornblende bestehende Gesteine auf, welche sich durch die scharfe Sonderung und leichte Unterscheidbarkeit ihrer Gemengtheile auszeichnen; den feldspathigen Gemengtheil hielt er jedoch noch für Orthoklas***). Später wurde der Charakter des Gesteins durch G. Rose genauer dahin bestimmt, dass es ein körniges Gemeng aus Albit und Hornblende ist. Der Albit ist gewöhnlich rein weiss, zuweilen grünlichweiss, selten röthlichweiss, übrigens kantendurchscheinend und deutlich spaltbar nach zwei Flächen, die sich unter 87° oder 93° schneiden; auf den Spaltungsflächen zeigt er die bekannte Zwillingsstreifung, und häufig sind die so gebildeten polysynthetischen Krystalle nach dem Gesetze der Carlsbader Orthoklaszwillinge verwachsen. Die Hornblende ist deutlich spaltbar, schwärzlichgrün bis grünlichschwarz, meist in körnigen oder kurzsäulenförmigen Individuen, selten in kleinen sphäroidischen Gruppen ausgebildet.

Von accessorischen Gemengtheilen ist zuvörderst Quarz zu nennen, welcher dem Gesteine gar nicht selten in graulichweissen Körnern beigemengt ist; ausser ihm erscheinen noch: Glimmer in braunen oder

*) Den Strahlsteinschiefer von Klausen beschrieb Reuss im Neuen Jahrb. für Min. 1840, S. 141. Südlich von Oberwiesenthal habe ich das Gestein zwischen Stolzenhan und Hüttmannsgrün in mehren Kuppen gefunden.

**) Vergl. *Rivière* im *Bull. de la soc. géol., II. série, t. I*, 1844, *p*. 528 ff. und *Dufrénoy* in der *Explication de la carte géol. de la France, I*, 1841, *p*. 198 f.

***) *Hauy*, *traité de Mineralogie*, 2. *éd., t. IV*, *p*. 541. Al. Brongniart nannte dasselbe Gestein Diabas, welchen Namen wir mit Hausmann zur Bezeichnung der gewöhnlichen pyroxenigen Grünsteine benutzen werden. Die beste Arbeit über den Diorit und verwandte Gesteine gab G. Rose in Poggend. Annalen, Bd. 34, 1835, S. 1 f. und *Rivière* a. a. O. im *Bull. de la soc. géol.*

schwarzen Lamellen, Eisenkies in kleinen Körnern oder in hexaëdrischen Krystallen, Magneteisenerz, Titanit und Pistazit.

Die beiden wesentlichen Bestandtheile des Diorites sind selten in gleicher Menge vorhanden; meist ist die Hornblende vorwaltend, weshalb auch das Gestein in der Regel dunkelfarbig erscheint; nur selten wird der Albit so vorwaltend, dass das Gestein eine körnige Albitmasse mit sparsam eingestreuten Hornblendkörnern darstellt. Die Structur ist körnig von allen Graden, also grosskörnig bis feinkörnig und dicht*), doch gewöhnlich mittelkörnig. Bisweilen zeigen beide Gemengtheile eine streifenweise Vertheilung, wodurch eine sonst nicht gewöhnliche Parallelstructur hervorgebracht wird, welche, bei sehr feinkörniger Ausbildung, den Dioritschiefer bedingt.

Der Diorit ist in der Regel ein massiges Gestein; doch kommen auch Ablagerungen mit mehr oder weniger deutlicher Schichtung vor. Uebergänge in körnigen oder schiefrigen Amphibolit sind eine so gewöhnliche Erscheinung, dass manche Geologen den Diorit nur als eine Varietät des Amphibolites betrachten wollen**). Das Gestein ist nach G. Rose besonders im Ural ausserordentlich verbreitet, bildet aber auch ausserdem keine ganz seltene Erscheinung im Gebiete des alten Schiefergebirges, und findet sich in sehr ausgezeichneten Varietäten als das Material mancher antiker Ornamente.

Folgende Gesteine dürften entweder nur als Varietäten des Diorites, oder doch wenigstens als solche Gesteine zu betrachten sein, welche dem Diorite sehr nahe stehen.

a) Ophit; mit diesem Namen belegte Palassou schon im vorigen Jahrhunderte gewisse, aus Feldspath und Hornblende bestehende Gesteine, welche am Fusse der westlichen Pyrenäen, zumal auf der französischen Seite, in zahlreichen kleinen Ablagerungen hervortreten. Da auch neuere Beobachter, wie Charpentier und Dufrénoy, diese Gesteine ganz bestimmt als Aggregate von Feldspath und Hornblende beschreiben, und da sie durchaus nicht an Syenit erinnern, so dürften sie wohl noch einstweilen als muthmaassliche Varietäten des Diorites oder Amphibolites gelten. Die Hornblende ist meist so vorwaltend, der wenige Feldspath aber so feinkörnig ausgebildet und so gleichmässig vertheilt, dass er nur selten zu erkennen ist, und dass das Gestein grösstentheils als ein bald körniges bald fast dichtes feldspathiges Hornblendgestein erscheint. Als besonders häufige accessorische Gemengtheile werden Glanzeisenerz (als Eisenglimmer), Magneteisenerz, Talk und Pistazit erwähnt. Schichtung ist kaum irgendwo zu bemerken, sondern meist nur regellose polyëdrische Zerklüftung, so wie auch nicht selten kugliche und concentrisch-schalige Absonderung***).

b) Kugeldiorit (*Diorite globaire*). So hat man ein, durch seine sphäroidische Structur sehr ausgezeichnetes dioritähnliches Gestein genannt,

*) Am Konschekowskoi-Kamen im Ural sah G. Rose eine Varietät, in welcher die Hornblend-Individuen bis 9 Zoll gross sind. Reise nach dem Ural, II, S. 563.

**) Wie z. B. *Coquand*, im *Bull. de la soc. géol.*, *t. VII*, 1835, *p.* 74 f.

***) *Charpentier*, *Essai sur la constitution géognostique des Pyrenäes*, 1823, *p.* 481 ff. und *Dufrénoy* in *Ann. des mines*, 3. *série*, *t. II*, 1832 *p.* 21 ff. oder auch in den *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France*, *t. II*, 1834, *p.* 153 ff.

welches auf der Insel Corsica in der Gegend von Sartena und bei Ajaccio vorkommt. Dasselbe erscheint als ein körniges Gemeng aus graulichweissem Feldspath, schwärzlichgrüner Hornblende und etwas Quarz, in welchem der Feldspath meist vorwaltet. Die bereits oben (S. 476) beschriebene sehr regelmässig und zierlich ausgebildete sphäroidische Structur findet sich nach Reynaud nur an einzelnen Stellen von beschränkter Ausdehnung, so dass das übrigens in mächtigen Bergen auftretende Gestein als eine gewöhnliche, sehr feldspathreiche Varietät des Diorites zu betrachten sein würde, wenn nicht Delesse, welchem die Petrographie schon so manche wichtige Aufschlüsse zu verdanken hat, neuerlich gezeigt hätte, dass der feldspathige Bestandtheil keineswegs Albit, wie man bisher glaubte, sondern Anorthit sei, indem er nur 48,62 p. C. Kieselerde, 12 p. C. Kalkerde mit etwas Natron und Kali enthält, das specifische Gewicht 2,737 hat, und von Salzsäure zersetzt wird *).

c) Norit. Diesen Namen gab Esmark gewissen dioritähnlichen Gesteinen, welche in Norwegen ziemlich verbreitet sind, und theils hierher, theils in die Familie des Gabbro zu verweisen sein dürften. Die vorwaltend aus Feldspath und etwas Hornblende bestehenden Varietäten, in welchen Diallag oder Hypersthen entweder gar nicht, oder nur in accessorischen Partikeln und Bestandmassen vorkommen, während sie nicht selten Quarz und Glimmer halten, würden unbedingt als Varietäten von Diorit zu betrachten sein, dafern ihr feldspathiger Gemengtheil für Albit erkannt werden sollte. Dagegen sind wohl andere, von Esmark aus verschiedenen Gegenden Norwegens, und von Scheerer von der Insel Hitteröe beschriebene Varietäten, welche wesentlich durch Hypersthen oder Diallag so wie durch Labrador und einen natronhaltigen Orthoklas nebst Quarz charakterisirt werden, wohl richtiger als solche Gesteine zu betrachten, welche dem Gabbro am nächsten stehen. Alle diese Norite sind dadurch ausgezeichnet, dass der feldspathige Gemengtheil oft so vorwaltend auftritt, dass das Gestein nicht selten als ein fast reines körniges Feldspathgestein erscheint. Jedenfalls aber ist es wünschenswerth, dass auch die von anderen Localitäten stammenden Varietäten eben so genau auf ihre Bestandtheile untersucht werden mögen, wie diess von Scheerer für die Varietäten auf Hitteröe geschehen ist**).

3) **Dioritporphyr.** Dieses Gestein ist, wie alle diejenigen, welche den Namen Porphyr führen, durch den Gegensatz einer dichten Grundmasse und der darin eingewachsenen Krystalle ausgezeichnet. Die Grundmasse der Dioritporphyre hat nach G. Rose theils grünlich- und schwärzlichgraue, theils aschgraue, grünlich- und graulichweisse Farben, einen unebenen und feinsplittrigen Bruch, ist hart, und schmilzt vor dem Löthrohre zu einem schwärzlichgrünem Glase. Innerhalb derselben sind nun Krystalle von Albit und

*) *Comptes rendus*, *t.* 27, 1848, *p.* 411; über das Vorkommen des Gesteins gab *Reynaud* in den *Mém. de la soc. géol.*, I, 1833, *p.* 7 einige Notizen, welche die früheren Angaben ergänzen.

**) Ausführliche Mittheilungen über den Norit gaben Esmark, im *Magazin for Naturvidenskaberne*, Bd. I, S. 207 f. und Scheerer, in *Gäa Norvegica*, Heft II, S. 313 f.

Hornblende eingewachsen. Die meist weissen und zwillingsartig zusammengesetzten Krystalle des Albites erscheinen theils glänzend, deutlich spaltbar und scharf ausgeprägt, theils matt, undeutlich spaltbar, von splittrigem Bruche und wenig hervortretend. Die Hornblende tritt in scharfbegränzten, säulenförmigen, graulich- oder grünlichschwarzen, sehr vollkommen spaltbaren Individuen auf, welche vor dem Löthrohre unter Aufschäumen zu einer schwarzen magnetischen Kugel schmelzen.

Als accessorische Gemengtheile sind besonders Quarz, welcher oft recht reichlich vorhanden ist, dann Glimmer, Eisenkies, Magneteisenerz und Kalkspath zu erwähnen, welcher letztere zwar nicht immer sichtbar ist, sich aber durch das Aufbrausen mit Säuren zu erkennen giebt.

Was das Verhältniss der Albit- und Hornblend-Krystalle betrifft, so sind solche bald in ziemlich gleicher, oft aber in so grosser Menge vorhanden, dass sie das Gestein zur Hälfte und darüber bilden; bald walten die Krystalle des einen Minerales sehr vor, was bis zum gänzlichen Verschwinden des anderen gehen kann. Am Ural, wo die Dioritporphyre sehr verbreitet sind, pflegen die meisten Varietäten zahlreichere und grössere Krystalle von Hornblende, wenigere und kleinere Krystalle von Albit, im Allgemeinen aber um so weniger Hornblende zu enthalten, je lichter die Grundmasse ist.

Der Dioritporphyr ist ein massiges Gestein, welches gewöhnlich nur regellos polyëdrische, selten säulenförmige oder kugliche Absonderung zeigt, und häufig durch Uebergänge mit Diorit in Verbindung steht.

Anhangsweise mag hier noch der, von Pilla unter dem Namen Epidosit aufgestellten Gesteinsart gedacht werden. Dieselbe stellt ein pistazgrünes, wesentlich aus Pistazit (grünem Epidot) und Quarz bestehendes Aggregat von grosser Festigkeit dar, welches nach Maassgabe seiner Structur als körniger, dichter und variolitischer Epidosit unterschieden wird, indem die letztere Varietät durch sphäroidische Concretionen ausgezeichnet ist. Dieses Gestein findet sich auf der Insel Elba, angeblich in grosser Häufigkeit, bald in Gesellschaft des Serpentins, bald mit Granit verbunden. Nach Reichenbach kommt auch in der Gegend von Blansko in Mähren eine feinkörnige apfelgrüne Varietät desselben Gesteins an der Gränze des dasigen Syenites in bedeutender Ausdehnung vor *).

§. 179. *Familie des Serpentins.*

Diese sehr kleine Familie begreift fast nur das einzige Gestein, nach welchem sie benannt ist, und welches hauptsächlich aus der Mineralspecies Serpentin besteht; weshalb auch das Gestein zu den einfachen Gesteinen gerechnet zu werden pflegt, obgleich es sehr häufig durch das Eintreten accessorischer Bestandtheile den Charakter eines gemengten

*) Vergl. Pilla, im Neuen Jahrb. für Min. 1845, S. 63 und Reichenbach, Geognostische Darstellung der Umgegend von Blansko, 1834, S. 55.

Gesteins erhält. Uebrigens ist es in der Regel nur der gemeine Serpentin, der als wirkliches Gebirgsgestein in grösseren Massen auftritt.

Der Serpentin (*Ophiolite Brongn.*) ist ein, durch seine meist grünen düsteren Farben, durch seine dichte, im Bruche splittrige und gewöhnlich glanzlose Masse, durch seine Mildheit und geringe Härte (H. = 3—4), besonders aber durch seinen, ungefähr 13 p. C. betragenden Wassergehalt und seine fast gänzliche Unschmelzbarkeit höchst ausgezeichnetes Gestein, welches wesentlich aus zweidrittel-kieselsaurer Magnesia besteht, jedoch so, dass ein grösserer oder geringerer Theil der Magnesia durch Eisenoxydul (bis 13 p. C.) vertreten wird. Es ist bekannt, dass über die eigentliche Natur oder vielmehr über die Entstehungsart dieses Minerales verschiedene Meinungen bestehen, und dass Manche der Ansicht sind, aller Serpentin sei nur als das Umwandlungsproduct gewisser anderer Gesteine zu betrachten. Wir lassen diese Ansicht in manchen Fällen gelten, ohne sie deshalb für alle Fälle als erwiesen zu betrachten *).

Obgleich der Serpentin gewöhnlich dicht erscheint, so lässt er doch auch bisweilen eine undeutlich feinkörnige oder verworren feinfasrige Zusammensetzung erkennen. Ausser den sehr manchfaltigen grünen Farben zeigt er auch verschiedene gelbe, rothe und braune Farben, welche jedoch meist nur untergeordnet, in der Form von Flecken, Streifen und Wolken auftreten, wie denn überhaupt das Gestein nicht selten mit einer Farbenzeichnung versehen ist.

Der Serpentin ist bisweilen reich an accessorischen Gemengtheilen, unter welchen namentlich Pyrop, Bronzit, Schillerspath, Chlorit, Glimmer, Magneteisenerz, Eisenkies, Arseneisen (bei Reichenstein), Chromeisenerz und Platin zu erwähnen sind. Ebenso gehören aber auch accessorische Bestandmassen zu den gewöhnlichen Erscheinungen; besonders häufig erscheinen Asbest, Chlorit und Pikrolith **) in

*) Die Idee, der Serpentin möge »vielleicht« nichts Anderes als ein dichter oder zur äussersten Feinkörnigkeit herabgesunkener Gabbro sein, welche L. v. Buch im Jahre 1810, also zu einer Zeit, da man über das chemische Wesen des Gabbro nur höchst mangelhafte Kenntniss besass, als eine blosse Vermuthung angedeutet hatte, ist später von Anderen als ein förmliches Theorem ausgesprochen worden. Eine Vergleichung der chemischen Zusammensetzung des Serpentins mit jener der Bestandtheile des Gabbro lehrt, dass eine solche Relation zwischen beiden Gesteinen nicht Statt finden kann.

**) Pikrolith und Asbest (nämlich der Serpentinasbest) sind gewissermaassen nur als Varietäten des Minerals Serpentin zu betrachten. Die fasrigen Asbesttrümer durchschwärmen den Serpentin gerade so, wie die fasrigen Gypstrümer den dichten Gyps. Schon Saussure machte aufmerksam darauf, dass der Asbest der Tarentaise ganz verschieden sei von jenem von Reichenstein, welchen Margraaf analysirt und zur Hälfte aus Magnesia zusammengesetzt gefunden habe. Dasselbe gelte von dem grünen Asbeste vom grossen St. Bernhard; er halte über die Hälfte Magnesia und Eisen. *La serpentine*, fährt er fort, *donne les mêmes resultats, et l'asbeste lui ressemble d'ailleurs à tant d'égards, que je ne saurais m'empecher, de le con-*

der Form von Trümern und Adern, der letztere auch als Ueberzug von Klüften, und dann oft mit striemiger und glänzender Oberfläche, der Chlorit aber bisweilen in so zahlreichen und so mächtigen Trümern und Nestern, dass er einen sehr bedeutenden Antheil an der Zusammensetzung des ganzen Gesteins hat. Auf ähnliche Weise erscheinen in vielen Serpentinmassen in der Form von Trümern oder Nestern Kalkspath, Kalktalkspath (sog. Miëmmit), Magnesit, Steatit, Pyknotrop, Quarz, zumal als Chalcedon, Jaspis, Chrysopras, Opal als Halbopal, Eisenkies und Kupferkies (z. B. am Monte Ramazzo bei Genua), Chromeisenerz, Magneteisenerz und gediegen Kupfer (in Cornwall z. Th. in grossen Massen, so auch in Nordamerika).

Der Serpentin hat in der Regel Massivstructur, und lässt nur selten, an seiner Gränze gegen andere Gesteine, eine Andeutung von Parallelstructur erkennen (Serpentinschiefer); die Chlorit- und Asbest-Trümer bedingen aber häufig eine durchtrümerte Structur, indem sie ein förmliches körperliches Netz bilden, dessen Maschen von Serpentin erfüllt sind. Von Gesteinsformen erscheinen sehr häufig unregelmässig polyëdrische Zerklüftungsstücke, sowie die oben S. 535 erwähnten Compressionsformen (Flatschen), mit krummflächigen, striemigen und gestreiften, ausserdem aber sehr glatten und oft glänzenden Begränzungsflächen. Sehr selten sind kugliche und säulenartige Gesteinsformen*); ausserordentlich häufig aber kommen plattenförmige Absonderungsformen vor, von einem Zoll bis zu einem Fuss Stärke, von sehr ebenflächiger Ausdehnung, und von einer oft merkwürdigen Regelmässigkeit der Lage auf grosse Distanzen hin, so dass man in der That bisweilen eine Schichtung des Serpentines anzunehmen berechtigt ist. Indessen wird der Serpentin gewöhnlich zu den ungeschichteten oder massigen Gesteinen gerechnet, wie er denn auch häufig mit allen Eigenschaften eines solchen Gesteins auftritt. Uebrigens sind auch die Platten desselben gewöhnlich so rissig und klüftig, dass sie keine ausgedehnten Gesteinstafeln liefern; ihre Begränzungsflächen sind oft mit Glimmer belegt.

Fremdartige Einschlüsse, welche nicht in die Kategorie der accessorischen Bestandmassen zu bringen wären, sind selten, Fossilien aber, oder auch nur Spuren derselben, noch niemals im Serpentin beobachtet worden.

Der Serpentin zeigt bisweilen Uebergänge in Chloritschiefer und Talkschiefer; auch findet er sich sehr häufig mit Gabbro und mancherlei Grünsteinen, angeblich auch mit Amphiboliten, in so inniger Verbindung, dass wohl Uebergänge in diese Gesteine angenommen werden müssen. Wenn aber auch dergleichen in vielen Fällen nicht abzuläugnen sind, so gränzen doch die genannten Gesteine in anderen Fällen mit einer so scharfen Demarcationslinie

siderer comme une crystallisation de cette espèce de Stéatite. (*Voyages dans les Alpes, t. I, p.* 129.) Die spätere Analyse des Reichensteiner Asbestes von v. Kobell, so wie die neuesten Analysen anderer, im Serpentin vorkommenden Asbeste von Delesse und Emil Schmidt sind vollkommen geeignet, diese Ansicht von Saussure zu bestätigen.

*) Recht ausgezeichnete, dünne schilfartige Säulen zeigt der Serpentin von Löbenhain in Sachsen.

an den Serpentin, dass jene Uebergänge wenigstens nicht als eine allgemein giltige Regel zu betrachten sein dürften.

Dem Serpentine äusserst ähnlich ist der sogenannte Schillerfels von der Baste bei Harzburg, welcher in der That in allen seinen physischen Eigenschaften mit einem schwärzlichgrünen Serpentine so völlig übereinstimmt, dass er früher dafür gehalten worden ist*). Er ist besonders ausgezeichnet durch grosse Schillerspath-Individuen, welche nach allen Richtungen in ihm eingewachsen und zugleich an vielen einzelnen Puncten von der serpentinähnlichen Masse dergestalt durchwachsen sind, dass sie wie mit Serpentinkörnern gespickt erscheinen. Köhler zeigte im Jahre 1827, dass der Schillerspath und das ihn einschliessende Gestein eine und dieselbe, aber vom Serpentine etwas abweichende chemische Zusammensetzung haben, so dass sich also der Schillerspath zu seiner Matrix gerade so verhalten würde, wie Fraueneis zu dichtem Gyps, in welchem es häufig eingewachsen ist. Der Schillerfels enthält ausserdem noch bisweilen dichten Labrador, Augit, Glimmer- und Chloritschuppen, und Puncte von Eisenkies**).

Die mit Serpentin durchflochtenen Kalksteine oder Ophicalcite dürften zweckmässigerweise bei dem Kalkstein zu erwähnen sein.

§. 180. *Familie des Gabbro.*

Diese Familie würde sich vielleicht mit der nächstfolgenden des Diabases vereinigen lassen. Weil jedoch in Bezug auf den feldspathigen Bestandtheil des letzteren die Ansicht viel Wahrscheinlichkeit hat, dass solcher häufig Oligoklas sei, während die Gesteine der Gabbrofamilie in der Regel durch Labrador oder Saussurit ausgezeichnet sind, und weil auch der pyroxenige Bestandtheil beider Familien einige Verschiedenheiten erkennen lässt, so dürften noch hinreichende Gründe zu einer Trennung derselben vorliegen.

Die Familie des Gabbro besteht hauptsächlich aus zwei Gesteinen, dem Gabbro und Hypersthenit, welchen noch anhangsweise der Eklogit beizufügen ist, weil sich derselbe nicht füglich in einer andern Familie unterbringen lässt***). Auch würde (zufolge der oben S. 582 mitgetheil-

*) Freiesleben, dem wir bekanntlich die ersten ausführlichen Nachrichten über das Gestein der Harzburg verdanken, erklärte sich jedoch sowohl in seinen Mineralogischen Bemerkungen über das schillernde Fossil von der Baste 1794, als auch in seinen Bemerkungen über den Harz, Th. II, 1795, S. 67 gegen die Identificirung des Gesteins mit Serpentin, und glaubte dasselbe für ein Mittelgestein zwischen Serpentin und Syenitschiefer halten zu müssen.

**) Köhler, in Poggend. Ann. Bd. 11, 1827, S. 192 f.

***) Man müsste ihn denn zu den Amphiboliten in die Nähe des Strahlsteinschiefers stellen wollen.

ten Bemerkungen) vielen Varietäten des von den Norwegischen Geologen aufgestellten Norites ihre Stelle hier anzuweisen sein. Besonders ausgezeichnet sind die Gesteine dieser Familie durch das Auftreten jener Subspecies des Pyroxens, welche unter den Namen Diallag und Hypersthen aufgeführt zu werden pflegen, so wie durch das Vorkommen des Smaragdites im Eklogite.

Von dem gewöhnlich grasgrünen Smaragdite hat Haidinger gezeigt, dass er sehr häufig ein Aggregat von abwechselnden, dünnen, lamellaren Individuen des Pyroxens und Amphibols ist, welche mit einander nach einem bestimmten Gesetze verwachsen sind*). Die meisten grauen, grünlichgrauen, olivengrünen bis grünlichbraunen Diallage dagegen dürften, nach den Analysen von Köhler, Regnault, v. Kobell und Schafhäutl, als eine, durch besondere Eigenschaften charakterisirte Subspecies des Pyroxens zu betrachten sein. Sie sind bekanntlich durch eine sehr vollkommene Spaltbarkeit nach der Fläche des Orthopinakoides (der Abstumpfungsfläche der scharfen Seitenkante des Prismas von 87°) und durch den metallartigen Perlmutterglanz dieser Spaltungsfläche ausgezeichnet, haben meist das specifische Gewicht 3,20 — 3,26, sind wesentlich nach der Formel $\dot{R}\ddot{Si}$ zusammengesetzt, in welcher $\dot{R}$ vorzüglich Magnesia, Kalkerde und Eisenoxydul bedeutet, und schmelzen selten leicht, meist nur in den Kanten dünner Splitter. Der von 1 bis 3,75 p. C. betragende Wassergehalt wird gewöhnlich als ein zufälliger Bestandtheil vernachlässigt**). Der Hypersthen ist durch seine dunkelbraune Farbe, seinen oft kupferrothen Schiller auf der vollkommensten Spaltungsfläche und dadurch ausgezeichnet, dass er gar keine oder sehr wenig Kalkerde, sondern fast blos Magnesia und Eisenoxydul als basische Bestandtheile enthält.

Zu diesen pyroxenigen Gemengtheilen tritt nun als zweiter Hauptgemengtheil entweder Labrador oder Saussurit, welcher letztere ein dichtes, graulich- bis grünlichweisses, hartes und sehr schwer zersprengbares Mineral vom Gewicht 3,2 — 3,4 ist, seiner chemischen Zusammensetzung nach aber dem Zoisite am nächsten stehen dürfte.

*) Diess wurde auch später von G. Rose bestätigt, und zugleich das gewöhnliche Gesetz der Verwachsung (mit Parallelismus der Hauptaxe und des Orthopinakoides) nachgewiesen (Poggend. Ann. Bd. 31, 1834, S. 609). Später ist G. Rose geneigt, den Smaragdit mit dem Uralit zu verbinden, weil die Querschnitte seiner Krystalle auf Formen des Pyroxens verweisen (Reise nach dem Ural, II, S. 354).

**) Ich hielt es für zweckmässig, diese kurze Charakteristik des Diallag hier einzuschalten, weil das Mineral in meinen Elementen der Mineralogie nur beiläufig erwähnt worden ist.

1) **Gabbro** *) (Euphotide, Granitone, Diallagrock). Dieses Gestein ist ein körniges Aggregat aus Labrador oder Saussurit, und aus Diallag oder Smaragdit. Der feldspathige Gemengtheil, welcher in manchen Varietäten sehr vorwaltend ist, erscheint als Saussurit dicht, als Labrador grob- bis feinkörnig, übrigens meist weiss und grau, selten violett. Der Smaragdit ist grasgrün und perlmutterglänzend, der Diallag grau bis schmutzig olivengrün und halbmetallisch glänzend; seine Individuen sind oft zollgross und darüber, ja zuweilen bis ½ Fuss gross, wie z. B. nach L. v. Buch bei Saas am Montrosa, und nach Majendie und Davy in Coverack-Cove in Cornwall. Uebrigens werden die Diallagkrystalle nicht selten an ihren Rändern von einer dunkel gefärbten Hornblendrinde dergestalt eingefasst, dass die Hauptaxen und Orthopinakoide beider Mineralien einander parallel liegen; so an der Baste nach Köhler und bei la Prese im Veltlin nach G. Rose.

Beide Gemengtheile sind meist ganz regellos durch einander gewachsen, ohne eine Spur von Parallelismus der Anordnung erkennen zu lassen, weshalb das Gestein theils eine granitische, theils (wenn der feldspathige Gemengtheil feinkörnig oder dicht und sehr vorwaltend ist) eine porphyrische Structur zeigt. Doch kommen auch gabbroartige Gesteine vor, welche eine flasrige und selbst dickschiefrige Structur besitzen, wobei gewöhnlich sowohl der Labrador als auch der pyroxenige Gemengtheil sehr feinkörnig ausgebildet sind. Der ausgezeichnete Gabbro ist aber in der Regel grobkörnig, und nur selten feinkörnig; doch soll nach Keferstein der Gabbro des Harzes durch feinkörnige bis in dichte Varietäten übergehen; dasselbe behaupten v. Raumer vom Gabbro bei Volpersdorf in Schlesien und Davy vom Gabbro in Cornwall.

Als seltnere Varietäten verdienen folgende hervorgehoben zu werden:

a) Schiefriger Gabbro (*Euphotide schistoide*, *Beud.*); Gabbro mit mehr oder weniger deutlicher Parallelstructur; findet sich unter Anderen sehr ausgezeichnet nach Beudant bei Dobschau in Ungarn, wo er ziemlich verbreitet ist und ganz allmälig in den grobkörnigen Gabbro übergeht; auch die Gesteine von Siebenlehn und Rosswein in Sachsen sind hierher zu rechnen, da sie öfter eine flasrige und schiefrige, als eine körnige Structur besitzen.

b) Serpentinhaltiger Gabbro (*Euphotide ophiteuse*, *Brongn.*); Gabbro, zwischen dessen Gemengtheilen mehr oder weniger Serpentin vertheilt ist; findet sich nach Brongniart und Leopold v. Buch in Oberitalien, sowie bei Briançon in den französischen Alpen.

c) Variolitischer Gabbro (*Euphotide variolitique*); kleinkörniger Gabbro, in dessen Masse runde weisse Flecken eines leicht schmelzbaren

*) Unter diesem Namen, der schon seit langer Zeit in Toskana für Serpentin und die mit ihm vergesellschafteten Gesteine gebraucht wird, hat Leopold v. Buch das Gestein fixirt, dessen genauere Kenntniss durch seine Abhandlung über den Gabbro (im Magazin der Ges. naturf. Freunde zu Berlin, Bd. IV, 1810, S. 128 ff.) begründet worden ist. Der Umstand, das auch Serpentin und Serpentintuff in Toskana mit demselben Namen belegt werden, kann uns um so weniger bestimmen, diesen kurzen und bequemen Namen aufzugeben, als selbst Breislak sich für Beibehaltung desselben entschieden hat (Lehrb. der Geol. I, 605). Raumer schlug für das Gestein den Namen Schillerfels vor. (Das Gebirge Niederschlesiens, 1819, S. 40.)

Minerals (wahrscheinlich dichten Labradors) ausgeschieden sind; bei Pietra-Mala nach Brongniart.

Uebrigens scheint es, dass die gewöhnlichen Varietäten als solche mit Smaragdit, und als solche mit eigentlichem (zumal grauem) Diallag unterschieden werden müssen, da manche Gegenden, wie z. B. der Montrosa, fast nur die ersteren, andere Gegenden, wie Oberitalien und ein Theil der Insel Corsica, fast nur die letzteren aufzuweisen haben*).

Von accessorischen Bestandtheilen und Bestandmassen sind vorzüglich bemerkenswerth: Glimmer, tombakbraun, am Harze nach Germar; Talk, z. Th. sehr häufig namentlich zwischen Genua und Savona nach Brongniart; Hornblende als Umsäumung der Diallagkörner, aber auch in einzeln eingewachsenen Individuen, wie z. B. nach G. Rose bei la Prese, wo man die dunkelbraunen Hornblendkrystalle für Hypersthen gehalten hat, und nach Rogers an den Manacle-Rocks in Cornwall; Strahlstein und rother Granat nach L. v. Buch; Serpentin, wie bereits erwähnt worden; Kalkspath, in Nestern und Trümern *(Euphotide calcarifère)* nach Brongniart bei Rochetta, nach L. v. Buch bei Covigliano; Quarz, wird von Germar und Brongniart ganz bestimmt als ein bisweiliger Gemengtheil des Gabbro angegeben, obwohl G. Rose sein Vorkommen durchaus läugnet; auch findet er sich nach Keferstein in der Form von Trümern mit Prehnit am Harze, und nach L. v. Buch in wasserhellen Drusen zu Covigliano; Eisenkies, eingesprengt, nicht selten; Magnetkies nach Keferstein; Titaneisenerz, am Harze, auch in Cornwall bei Gwendra und St. Keverne nach Majendie; der in der Nähe bei Menachan vorkommende Titaneisensand, Werners Menakanit, soll aus dem dortigen Gabbro stammen.

Der Gabbro ist in der Regel ein durchaus massiges Gestein, an welchem keine Spur von Schichtung vorkommt, und auch ausserdem nur eine unregelmässig polyëdrische Absonderung bekannt ist. Die flasrigen und schiefrigen Varietäten machen jedoch eine Ausnahme, indem sie eine mehr oder weniger deutliche Schichtung besitzen, wie diess bei Dobschau in Ungarn und bei Rosswein und Siebenlehn in Sachsen der Fall ist.

Was die Uebergänge des Gabbro in andere Gesteine betrifft, so werden dergleichen angegeben in Serpentin, Diorit und Granit. Der Uebergang in Serpentin, welcher allerdings sehr häufig zu beobachten ist, kann wohl nur entweder durch eine Umwandlung des Gabbro, oder auch durch Brongniart's Var. ophiteuse vermittelt werden, indem sich die eingemengten Serpentinpartieen immer mehr anhäufen, bis sie endlich die anderen Gemengtheile verdrängen, und der Serpentin rein hervortritt. Dagegen wurde schon oben bemerkt, dass der Gabbro durch eine blose Verfeinerung und Verdichtung seiner wesentlichen Gemengtheile nicht

*) Einige Geologen, wie z. B. *Omalius d'Halloy* (*Précis élementaire de Geol.* 1843, *p.* 353) betrachten beide als verschiedene Gesteinsarten. Allein schon L. v. Buch bemerkte (a. a. O. S. 135) dass Saussure am Berge Mussinet bei Turin Smaragdit und Diallag zusammen fand, und dass Hauy von dort eine ganze Reihe stetiger Uebergänge erhielt. Die smaragditführenden Varietäten sind bei den Artisten unter dem Namen *Verde di Corsica* bekannt.

in Serpentin übergehen kann. Die Uebergänge in Diorit würden, wenn sie wirklich Statt finden, lediglich durch einen gänzlichen Austausch der Gemengtheile zu erklären sein; dasselbe gilt von dem Uebergange in Granit, welchen Keferstein vom Gabbro des Harzes angiebt*). Da jedoch früher das Wort Diorit sehr häufig zur Bezeichnung pyroxeniger Grünsteine gebraucht worden ist, so mögen sich wohl die angeblichen Uebergänge aus Gabbro in Diorit nicht auf wirklichen Diorit, sondern auf Diabas beziehen.

2) **Hypersthenit****) (Hypersthen-Syenit, Hypersthen-Rock, Sélagite). Dieses Gestein ist ein Gemeng aus Labrador und Hypersthen. Der oft vorwaltende Labrador ist gewöhnlich graulichweiss, bisweilen auch grünlich-, gelblich-, blaulich- und rauchgrau, theils grobkörnig und dann deutlich spaltbar, theils klein- und feinkörnig. Der nur selten vorwaltende Hypersthen ist schwärzlichbraun, schwärzlichgrün bis grünlichschwarz, und in seinen ausgezeichneten Varietäten auf der Hauptspaltungsfläche mit fast kupferrothem Schiller und mit metallartigem Perlmutterglanz versehen. Bisweilen werden die Individuen desselben von grünlichschwarzer Hornblende eingefasst (G. Rose).

Das Gestein ist theils grobkörnig, theils kleinkörnig, auch feinkörnig bis fast dicht, und im letzteren Falle nach v. Dechen und Boué kaum von aphanitischem Grünstein zu unterscheiden. Doch sind die Extreme gewöhnlich durch allmälige Uebergänge mit einander verbunden, und dadurch die feinkörnigen Varietäten mit Sicherheit als solche zu erkennen; so z. B. besonders deutlich am Glamig auf der Insel Sky. Die Structur ist in der Regel granitisch, ohne alle Spur von Parallelismus; indessen erwähnen Macculloch, v. Dechen und Oeynhausen Varietäten von Sky, in welchen die sämmtlichen Hypersthenkrystalle einander parallel gelagert sind***).

Von accessorischen Bestandtheilen werden folgende erwähnt: Titaneisenerz, in eisenschwarzen magnetischen Körnern, selten in oktaëdrischen Krystallen, im Allgemeinen aber ein sehr häufig vorkommender Gemengtheil, so besonders bei Elfdalen in Schweden nach G. Rose, und am Cuchullin auf Sky nach v. Dechen; Granat, ziemlich häufig am Scuir-na-Streigh und an anderen Puncten der Insel Sky, so wie in der Grafschaft Essex im Staate Neu-York; Hornblende, theils als Umfassung der Hypersthenkrystalle, theils auch in selbständigen Individuen eingewachsen; Olivin, oft in ziemlich grossen Körnern, z. B. bei Elfdalen nach Rose und auf Sky nach Macculloch; Glimmer, in tombakbraunen Lamellen, selten; Eisenkies, meist sehr fein eingesprengt; Apatit, in dünnen langen Säulen, nach Rose.

Der Hypersthenit ist in der Regel ein durchaus massiges Gestein, welches ohne alle Schichtung in rauhen, ungestalteten und ungetheilten Fels-

*) Teutschland, geognostisch-geologisch dargestellt, Bd. VI, Heft 3, 1830, S. 377.

**) Wir wählen diesen, von französischen Geologen vorgeschlagenen Namen, als den kürzesten und zugleich richtig gebildeten.

***) Forbes bestätigt diess nicht nur, sondern behauptet sogar *the existence of extensive planes of cleavage*; in *The Edinb. new phil. Journal, vol.* 40, 1846, *p.* 94.

massen aufragt; doch bemerkt Emmons, dass er in Neu-York auf dem Gipfel der Berge in dicke Bänke abgesondert sei, fast wie Granit; dasselbe erwähnt Macculloch von einem Puncte auf der Insel Sky, woselbst auch er so wie Boué sphäroidische Gesteinsformen bis zu 50 und 100 Fuss Durchmesser beobachteten*).

Uebergänge des Hypersthenites in andere Gesteine werden fast gar nicht angeführt; der sogenannte Grünstein, in welchen er häufig verläuft, ist nichts Anderes, als ein zur äussersten Feinkörnigkeit zusammengesunkener Hypersthenit; in Neu-York soll er zwar nach Emmons in Gneiss übergehen; doch möchte wohl diese Angabe noch einer Bestätigung bedürfen.

Der Hypersthenit findet sich weit seltener als der Gabbro; die vorzüglichsten Gegenden seines Vorkommens sind die Insel Sky bei Schottland, Elfdalen in Schweden, Bellsund auf Spitzbergen, die St. Paulsinsel an der Küste von Labrador, und die Grafschaft Essex im Staate Neu-York. In Sachsen bildet er unweit Penig einen Gang im Granulite.

3) **Eklogit** (Omphazitfels). Ein schönes, aus grasgrünem Smaragdit und rothem Granat bestehendes Gestein von grob- bis kleinkörniger Structur, häufig mit Kyanit und Glimmer, bisweilen auch mit Quarz gemengt. Den Namen entlehnte Hauy von der schönen Auswahl der Gemengtheile, welche die Natur gleichsam bei der Bildung dieses Gesteins getroffen hat, und welche besonders dann recht auffallend wird, wenn zu dem grünen Smaragdit und rothen Granat noch blauer Disthen hinzutritt. Dieses, meist nur in beschränkten Ablagerungen auftretende Gestein, findet sich in sehr schönen Varietäten an der Bacheralpe in Steyermark und an der Saualpe in Kärnthen, im Fichtelgebirge, und auf der Insel Syra im Griechischen Archipelagus. Minder ausgezeichnete Varietäten kommen auch in Sachsen bei Waldheim und Grosswaltersdorf vor.

An den Eklogit schliesst sich auch dasjenige Gestein der Insel Syra an, welches Virlet unter dem Namen Disthenfels beschrieben hat. Der Disthen bildet nämlich dort, theils für sich allein, theils mit etwas Granat, silberweissem Glimmer oder Smaragdit gemengt, mächtige und weit fortsetzende Lager, welche mit Eklogit abwechseln, und in welchen der Disthen gewöhnlich flasrig und schwärzlichblau, bisweilen aber auch schön himmelblau gefärbt ist**).

§. 181. *Familie des Diabases oder Grünsteins****).

Diese äusserst wichtige Familie begreift bei weitem die meisten von denjenigen Gesteinen, welche früher unter dem Collectivnamen Grün-

*) Forbes erklärt jedoch diese *large spheroidal concretions*, welche Macculloch angiebt, für *roches moutonnées*, also für Erosionsformen, durch alte Gletscher gebildet; a. a. O. S. 95.

**) *Bull. de la soc. géol. t. III*, 1833, *p*. 201.

***) Wenn der feldspathige Bestandtheil der Gesteine dieser Familie wirklich in allen Fällen Labrador wäre, so würde es zweckmässig sein, die Familie des Gabbro mit ihr zu vereinigen.

stein zusammengefasst worden sind, und auch noch gegenwärtig nicht selten unter diesem Namen aufgeführt werden *). In der That kann man behaupten, dass die grosse Mehrzahl der so genannten Gesteine durch Pyroxen, und nur die Minderzahl derselben durch Amphibol charakterisirt wird. Früher war man der entgegengesetzten Ansicht, und pflegte fast allgemein die Grünsteine als Gemenge von Feldspath mit Hornblende zu betrachten, welche letztere wenigstens die grüne Farbe des Gesteins bedingen sollte, wenn sie auch gar nicht mehr als das Mineral Hornblende zu erkennen war. Cordier hat zuerst diesen grossen Irrthum aufgedeckt, indem er zeigte, dass der grüne Gemengtheil vieler Gesteine nicht Amphibol, sondern Pyroxen sei. Obgleich aber Boué sehr nachdrücklich auf die Wichtigkeit dieser von Cordier gegebenen Berichtigung hinwies, und auch Macculloch es hervorhob, dass die mit Pyroxen gemengten Gesteine weit häufiger sind, als die eigentlichen Diorite **), so wurde diese petrographische Wahrheit doch erst im Jahre 1835 durch Gustav Rose's Untersuchungen zur allgemeineren Anerkennung gebracht ***).

Da es bei sehr feinkörniger oder dichter Ausbildung eines Grünsteins äusserst schwierig oder geradezu unmöglich ist, Amphibol von Pyroxen, und eben so die verschiedenen Feldspathe von einander zu unterscheiden,

*) Es sind mancherlei, theils krystallinisch-körnige, theils porphyrartige, theils dichte, schiefrige, variolitische und amygdaloidische Silicatgesteine von verschiedenen grünen bis grünlichgrauen und grünlichschwarzen Farben, welche ehemals *promiscue* mit dem Namen Grünstein belegt wurden. Obwohl nun dieser Name nur als ein *asylum ignorantiae* zu betrachten ist, so scheint es doch nicht ganz verwerflich, ihn für irgend ein Gestein so lange beizubehalten, bis die mineralische Zusammensetzung desselben genau erforscht und dadurch erst die Berechtigung erlangt worden ist, einen anderen, mehr wissenschaftlichen Namen an seine Stelle treten zu lassen. Wollte man jetzt schon, auf blosse Muthmaassungen gestützt, die, ihrer Natur nach unerforschten Grünsteine unter die Namen Diorit, Diabas, Hyperit u. s. w. vertheilen, so könnte die schon bestehende Verwirrung noch mehr gesteigert und die Sichtung und Lichtung des ohnediess sehr verworrenen und dunkeln Gebietes noch mehr erschwert werden. Man weiss, wie gern namentlich die Dilettanten der Wissenschaft ihre Beschreibungen mit solchen Namen aufputzen, zumal wenn sie von berühmten Auctoritäten herrühren.

**) Boué, in seinem *Essai géologique sur l'Ecosse*, p. 126 und 466, und Macculloch, im *System of Geology*, t. II, p. 109; freilich brachte Macculloch, der sich in einer strengen Kritik zumal der teutschen Geognosie so sehr gefiel, neuen Wirrwarr in seine Petrographie, indem er die verschiedenartigsten Gesteine zusammenwarf.

***) In diesem Jahre erschien nämlich G. Rose's wichtige Abhandlung über die Grünsteine, in Poggend. Ann. Bd. 34, S. 1 ff.

so folgt hieraus, dass bei solchen Grünsteinen der Erkennung ihrer wahren mineralischen Zusammensetzung grosse Hindernisse entgegen stehen, welche zwar in vielen Fällen durch Verfolgung der in der Natur vorliegenden Uebergänge, in anderen Fällen aber auf keine Weise besiegt werden können. Daher sind es denn auch besonders die sehr feinkörnigen und dichten Varietäten der Grünsteine, in deren Kenntniss wir noch am weitesten zurück sind, und für welche wir uns noch am häufigsten mit der trivialen Benennung Grünstein begnügen müssen; wogegen die körnig zusammengesetzten und porphyrartigen Varietäten nach ihrer mineralischen Natur schon mehr oder weniger genau erforscht und mit bestimmteren wissenschaftlichen Namen belegt werden konnten.

So weit die Untersuchungen bis jetzt gediehen sind, müssen Pyroxen, und Labrador oder Oligoklas*) als die wesentlichen Bestandtheile der Gesteine der Diabasfamilie betrachtet werden; dazu gesellt sich häufig ein, nur in sehr kleinen Theilen ausgebildetes chloritartiges Mineral**), und gar nicht selten auch Kalkspath oder Braunspath. Quarz fehlt als Gemengtheil dieser Familie gänzlich, was gleichfalls einen wichtigen Unterschied zwischen ihr und der Familie des Diorites begründet. Wenn Hornblende auftritt, so erscheint sie in der Krystallform des Augites, als Uralit.

Da der Pyroxen nicht selten mit solchen Eigenschaften ausgebildet ist, welche ihn dem Hypersthene sehr ähnlich erscheinen lassen, so werden die hierher gehörigen Gesteine auch häufig als Hypersthengesteine oder, mit einem auf eigenthümliche Weise abgekürzten Namen, als Hyperite bezeichnet. Weil aber jene hypersthen-ähnliche Beschaffenheit des Pyroxens keinesweges in allen Fällen vorhanden ist, auch der eigentliche und charakteristische Hypersthenit von den hier zu betrachtenden Gesteinen doch wohl

*) Anfangs glaubte G. Rose, dass der feldspathige Gemengtheil seiner Augitporphyre nur Labrador sei. Später erkannte er ihn für Oligoklas (Poggend. Ann. Bd. 52, S. 144, und Reise nach dem Ural, II, S. 190 und 571). Auch Hausmann, dem wir eine so schöne und naturgetreue petrographische Schilderung der Harzer Grünsteine verdanken, vermuthet, dass der feldspathige Gemengtheil derselben zum Theil Oligoklas sein dürfte. (Ueber die Bildung des Harzgebirges, 1842, S. 20.) Doch soll nach Hausmann der Labrador stellenweise durch Albit vertreten werden. Sehr genaue Beschreibungen und lehrreiche Betrachtungen über die hierher gehörigen Gesteine aus den Ruhrgegenden gab v. Dechen im Archiv für Min. u. s. w. Bd. 19, S. 492 ff.

**) Auf das Vorkommen dieses oft der Grünerde ähnlichen Minerales in den Ungarischen Diabasporphyren machte schon Beudant aufmerksam (*Voyage min. et géol. en Hongrie, III, p.* 83 f.)

füglich getrennt zu halten sein dürfte, so hielten wir es für zweckmässiger, mit Hausmann den von Al. Brongniart für die Diorite vorgeschlagenen aber nun ins Freie gefallenen Namen Diabas, zur Bezeichnung des Repräsentanten der gegenwärtigen Gesteinsfamilie zu gebrauchen.

Die Grünsteine dieser Familie sind theils phaneromere, theils kryptomere Gesteine, welche letztere von Hauy z. Th. Aphanit genannt worden sind, um ihre für das Auge verschwindende Zusammensetzung auszudrücken. Sehr häufig kommen auch Gesteine von einer aphanitischen Grundmasse vor, in welcher jedoch entweder Krystalle von Oligoklas und Pyroxen, oder auch Körner und kleine körnige Concretionen von Kalkspath auftreten; dahin gehören einerseits die Diabasporphyre, anderseits der Kalkdiabas (Diabasmandelstein) und vielleicht ein Theil des sogenannten Schalsteins, von welchem letzteren indessen der grössere Theil den Grünsteintuffen beizurechnen sein dürfte. Endlich ist auch der Lherzolith, als ein fast nur aus Pyroxen bestehendes Gestein, in die Familie des Diabases zu verweisen.

1) **Lherzolith** *); (*Augitfels*). Ein grobkörniges bis dichtes Aggregat von Pyroxen, meist oliven- bis smaragdgrün, selten braun, und noch seltner grau; verschiedene Farben-Nüancen wechseln oft in Streifen und Flecken mit einander ab. Von accessorischen Gemengtheilen erscheinen besonders häufig Talk und Steatit, welche theils durch das ganze Gestein verbreitet, theils nur auf Klüften desselben als glänzender Ueberzug ausgebildet sind; seltener finden sich Schörl, in ganz kleinen glasglänzenden Krystallen, Hornblende und Kalkspath. Der Lherzolith ist undeutlich geschichtet, vielfach zerklüftet, nimmt zuweilen eine serpentinähnliche Beschaffenheit an, und bildet kleine Ablagerungen im Kalksteine der Pyrenäen, in der Gegend von Vicdessos und Portet; die grösste derselben am See Lherz ist fast anderthalb Meilen lang.

Auch das von Emmons mit dem Namen Rensselaerit bezeichnete Gestein, welches im nördlichen Theile des Staates Neu-York recht bedeutende Ablagerungen bilden soll, ist nur ein, theilweise in Steatit umgewandelter Augitfels **).

2) **Diabas**; (Hyperit z. Th., Diorit und Grünstein vieler, zumal älterer Auctoren). Dieses sehr häufig auftretende Gestein ist wesentlich als ein

*) Lelièvre, der dieses Gestein im Jahre 1787 zuerst erwähnte, hielt dasselbe für Chrysolith, Lapeyrouse für Epidot; Lametherie nannte es nach einer Stelle seines Vorkommens Lherzolith, Charpentier und Daubuisson aber erkannten es zuerst für ein Aggregat von Pyroxen. Vergl. *Charpentier, Essai sur la constit. geogn. des Pyrenäes*, 1823, *p.* 245 f.

**) *The Amer. Journ. of sc. vol.* 45, 1843, *p.* 122.

krystallinisch-körniges Aggregat von Labrador oder Oligoklas*) mit Pyroxen und Chlorit zu betrachten. Der feldspathige Bestandtheil erscheint theils krystallinisch und deutlich spaltbar, theils dicht, von verschiedenen weissen, licht grauen oder grünen Farben; die Individuen sind häufig dick- oder dünn-tafelförmig. Der Pyroxen ist grün, braun oder schwarz, und zeigt nicht selten insofern eine hypersthenähnliche Beschaffenheit, wiefern die orthodiagonale Spaltungsfläche recht deutlich hervortritt**). Der Chlorit ist nur selten deutlich in schuppigen, erdigen oder dichten Partieen ausgebildet; meist imprägnirt er das Gestein gleichmässig, und bedingt so die vorherrschende grüne Farbe desselben; bisweilen wird er durch eine serpentinähnliche Substanz vertreten. Gewöhnlich pflegt der feldspathige Gemengtheil vorzuwalten, der Pyroxen den nächst vorherrschenden und der Chlorit den am meisten untergeordneten Bestandtheil zu bilden; doch soll der letztere nach Hausmann bisweilen fast den sechsten Theil der Gesteinsmasse ausmachen. Je feinkörniger die Structur, und je undeutlicher das Gemenge des Gesteines ist, um so reichlicher scheint der Chlorit desselben zu sein. Auch sind die Diabase nicht selten mit etwas kohlensaurem Kalk imprägnirt, dessen Dasein sich durch Aufbrausen mit Säuren zu erkennen giebt.

Die Structur des Gesteins ist körnig und lässt in der Regel keine Spur von Parallelstructur erkennen. Die feinkörnigen Varietäten gehen endlich in dichte Grünsteine oder Aphanite über. Durch die sehr innige Verwachsung und Verschmelzung seiner Bestandtheile wird der Diabas zu einem sehr festen, zähen und bisweilen äusserst schwer zersprengbaren Gesteine.

Von accessorischen Bestandtheilen ist besonders der Eisenkies zu erwähnen, welcher häufig eingesprengt vorkommt; seltener erscheinen Magneteisenerz, Magnetkies und Kupferkies. Quarz ist niemals als wirklicher Gemengtheil, in der Form von krystallinischen Körnern, wohl aber als das Ingrediens von accessorischen Bestandmassen zu beobachten. Diese letzteren erscheinen meist als Trümer oder auch als unregelmässige Nester, auf welchen Quarz, Strahlstein, Asbest, sogenanntes Katzenauge, Pistazit, Prehnit, Axinit, Kalkspath, Braunspath, Talkspath u. a. Mineralien vorkommen.

Der Diabas ist in der Regel ein ausgezeichnet massiges Gestein, ohne alle Schichtung, aber oft mit vielfacher Zerklüftung. Gar nicht selten zeigt er säulenförmige oder kuglige und concentrisch-schalige Absonderung, welche letztere gewöhnlich erst durch die Verwitterung recht deutlich sichtbar gemacht wird; auch plattenförmige Absonderung ist bisweilen beobachtet worden, z. Th. mit der säulenförmigen Absonderung verbunden. Am häufigsten findet sich jedoch unregelmässig polyëdrische Absonderung. Die

*) Es fehlt noch an einer gründlichen mineralogisch-chemischen Untersuchung der Diabase. Einstweilen halten wir uns hauptsächlich an die Resultate von Hausmann, G. Rose und v. Dechen.

**) Als eigentlichen, charakteristischen Hypersthen habe ich ihn jedoch in den zahlreichen Diabasgebilden des Voigtlandes und Fichtelgebirges nur höchst selten beobachtet. Auch Hausmann bemerkt ausdrücklich, dass eigentlicher Hypersthen nur äusserst selten am Harze vorkommt.

Kluftflächen sind öfters schwärzlichbraun oder blaulichschwarz und glänzend angelaufen.

Uebergänge finden aus dem Diabas in Diabasschiefer, Diabasporphyr, Kalkdiabas, Hypersthenit und, wie es scheint, auch in Serpentin Statt, welcher letztere nach der Ansicht mehrer Geologen oft als ein Umwandlungsproduct des Diabases zu betrachten sein dürfte.

2) **Diabasschiefer.** Manche feinkörnige Diabase erhalten durch das Ueberhandnehmen des chloritartigen Bestandtheils eine grob- und dickschiefrige Structur, welche zugleich mit einer mehr oder weniger deutlichen Schichtung verbunden ist. Wenn dergleichen Gesteine sehr feinkörnig bis dicht ausgebildet sind, kann man sie auch Aphanitschiefer nennen. Beide sind nicht selten in den Gegenden des Vorkommens der körnigen und dichten Diabase, und schliessen sich unmittelbar an die Grünsteintuffe an, mit welchen vielleicht manche von ihnen zu vereinigen sein dürften. So erscheinen sie z. B. häufig im Voigtlande und in Oberfranken, wo die gröberen Varietäten sehr oft das Cäment der daselbst so verbreiteten Grünsteinbreccien bilden*). Auch die grünen und grünlichgrauen, bisweilen uralitführenden Schiefer, welche am Ural so verbreitet sind, gehören wohl hierher. (Rose, Reise nach dem Ural, II, 544.) Alle diese Gesteine gehen nicht selten in Thonschiefer oder Grauwackenschiefer über.

3) **Diabasporphyr;** (Augitporphyr z. Th., Labradorporphyr und Oligoklasporphyr, Hyperit z. Th.). Die feinkörnigen und dichten Diabase sind häufig porphyrartig ausgebildet, indem sich innerhalb der Grundmasse grössere Krystalle von Pyroxen und Oligoklas oder Labrador ausgeschieden haben**). Die aphanitische Grundmasse hat eine grünlichgraue, seladongrüne bis schwärzlichgrüne auch wohl graulich- oder grünlichweisse Farbe, zuweilen ein fast basaltähnliches oder serpentinähnliches Ansehen, hält nicht selten kleine, z. Th. schalige Concretionen von dunkelgrünem Chlorit, auch Flecken von Serpentin, und ist gewöhnlich von der Grundmasse der Dioritporphyre kaum zu unterscheiden, obwohl sie nach G. Rose etwas weniger leicht schmelzbar sein soll. Eine innige Beimengung von kohlensaurem Kalk giebt sich oft durch Aufbrausen mit Säuren zu erkennen.

Die eingewachsenen Oligoklas- oder Labradorkrystalle sind immer zwillingsartig zusammengesetzt, und zeigen daher, bei deutlicher Spaltbarkeit, die Streifung der Spaltungsflächen; doch ist ihre Spaltbarkeit oft so unvollkommen, dass sie nur einen matten feinsplittrigen Bruch erkennen lassen. Sie sind schneeweiss, röthlichweiss, grünlich- und graulichweiss bis licht grün und grau gefärbt, kurz säulenförmig oder dick und dünn tafelförmig (in welchem letzteren Falle sie im Querbruche nadelförmig erscheinen), selten mehr als zollgross, häufig sehr klein, undeutlich contourirt, und dann nur wenig hervortretend. Die Pyroxenkrystalle haben die gewöhnliche Form des basaltischen

*) Da in diesen schiefrigen Grünsteinbreccien hier und da ganz sporadische organische Ueberreste, oder doch wenigstens Fragmente von solchen gefunden worden sind, so könnte man sich geneigt fühlen, sie den Grünsteintuffen beizurechnen.

**) Das gleichzeitige Vorkommen von Labrador und Oligoklas hält auch v. Dechen für höchst wahrscheinlich; a. a. O. S. 495 ff.

Augites, sind deutlich spaltbar, theils glatt und glänzend, theils matt und schwach gestreift, grasgrün, lauchgrün, olivengrün bis schwärzlichgrün, und meist noch kantendurchscheinend; auch kommen in manchen Gegenden braune, hypersthenähnliche Varietäten vor. In vielen Fällen wird der Pyroxen von Uralit vertreten, d. h. von Hornblende, welche zwar in der Form von Augitkrystallen ausgebildet, aber durch ihre unter 124° geneigten Spaltungsflächen ganz entschieden als Amphibol charakterisirt ist. Man pflegt wohl anzunehmen, dass diese Uralitkrystalle durch eine innere Umkrystallisirung des Pyroxens entstanden sind *). Dergleichen uralitführende Diabasporphyre sind besonders im Ural sehr verbreitet, aber auch bereits in vielen anderen Gegenden nachgewiesen worden; Rose schlägt für sie den Namen Uralitporphyr vor.

Das Quantitäts-Verhältniss zwischen den Oligoklas- oder Labradorkrystallen und den Augitkrystallen ist äusserst verschieden; doch pflegt in der Regel die eine Art vorzuwalten, ja wohl oft, wenigstens in grösseren Krystallen allein vorhanden zu sein, weshalb auch G. Rose Oligoklasporphyr und Augitporphyr unterscheidet **).

Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders Eisenkies, Magneteisenerz und Kalkspath zu erwähnen; Quarz ist als Gemengtheil niemals vorhanden; doch kommen bisweilen Blasenräume vor, in welchen Quarz, Chalcedon, Kalkspath, Pistazit u. a. Mineralien ausgebildet sind; auch Nester und Trümer von Kalkspath, Quarz, Prasem, Katzenauge, Axinit, Asbest oder Grünerde sind hier und da beobachtet worden.

Der Diabasporphyr ist, zumal als Augitporphyr, ein sehr zähes und schwer zersprengbares Gestein, zeigt bisweilen säulenförmige oder kuglige, am häufigsten aber unregelmässig polyedrische Absonderung, und findet sich gewöhnlich in Gesellschaft der übrigen Gesteine dieser Familie, aus welchen er sich oft entwickelt, und in welche er daher auch nicht selten übergeht ***).

4) **Kalkdiabas** †); (Diabasmandelstein, Grünsteinmandelstein, Kalktrapp, Blatterstein). Der sehr feinkörnige bis dichte Diabas oder Aphanit enthält nicht selten runde Körner von Kalkspath, wie denn überhaupt eine Beimischung von kohlensaurem Kalk in vielen Gesteinen dieser Familie vorkommt ††). Wenn diese, der aphanitischen Grundmasse eingestreuten Kalkspathkörner häufiger werden, so entstehen zuletzt eigenthümliche Gesteine,

*) G. Rose, Reise nach dem Ural, II, S. 370 f.

**) Ebendaselbst, S. 571 ff.

***) Ob aller sog. *porfido verde antico* als Oligoklasporphyr zu betrachten ist, muss bezweifelt werden, seitdem Delesse in seiner vortrefflichen Abhandlung über die Gesteine der Vogesen gezeigt hat, dass die Feldspathkrystalle desselben wirklich Labrador sind. Im Augitporphyr von Ternuay fand er eine eigenthümliche Feldspath-Species, welche er mit dem Namen Vosgit belegt.

†) Da wir die meisten der hierher gehörigen Gesteine nicht für wahre Mandelsteine halten können, so bezeichnen wir sie mit dem Namen Kalkdiabas, welcher dem von Oppermann vorgeschlagenen Namen Kalktrapp analog gebildet ist.

††) Bekanntlich findet auch eine sehr häufige Association zwischen Kalksteinlagern und Grünsteinmassen Statt.

deren Masse oft mehr als zur Hälfte aus Kalkspath besteht, und welche wegen der Häufigkeit ihres Vorkommens als besondere Gesteine der Diabasfamilie aufgeführt zu werden verdienen. Die Grundmasse derselben ist meist dicht oder feinerdig, scheint besonders reich an dem chloritischen Bestandtheile zu sein, ist daher minder hart, als der gewöhnliche Aphanit, und verhält sich zu demselben überhaupt etwa so, wie die Wacke zum Basalte*). Sie ist matt, und zeigt grünlichgraue sowie mancherlei schmutzig grüne auch berggrüne bis seladongrüne Farben, welche in leberbraun, röthlichbraun und gelblichgrau übergehen.

Die in dieser Grundmasse enthaltenen Kalkspathkörner sind meist rund, selten abgeplattet oder mandelförmig, bisweilen eckig, gewöhnlich von der Grösse eines Hirsekorns bis zu der einer Erbse, erlangen aber einerseits einen Durchmesser von einem Zoll und darüber, und sinken anderseits bis zu mikroskopischer Kleinheit herab; ihre Oberfläche ist rauh und matt, häufig mit Chlorit oder auch mit Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat überzogen; sie sind stets compact, also niemals mit einer centralen Cavität, auch eben so wenig mit einer concentrisch-schaligen Structur versehen, und treten bald in grösserer bald in geringerer Menge auf; gar nicht selten erscheinen sie so dicht gedrängt, dass sie sich fast berühren, und nur sehr wenig Raum für die aphanitische Grundmasse übrig lassen**). Ganz auf dieselbe Weise kommen auch oft Braunspathkörner statt des Kalkspathes vor. Wenn durch die Verwitterung diese Körner im Laufe der Zeit zerstört worden sind, dann erscheint das Gestein auf seiner Oberfläche blasig und durchlöchert. Auch dunkelgrüne bis schwarze Chloritkörner sind in der Grundmasse häufig eingesprengt.

Werden die Kalkspathkörner seltener, so finden sich bisweilen kleine Feldspathkrystalle ein, wodurch der Kalkdiabas mit dem Diabasporphyr in Verbindung gebracht wird; doch stehen diese beiden Gemengtheile in einem reciproken Verhältnisse zu einander, daher die kalkspathreichen Varietäten keinen Feldspath, und die feldspathreichen Diabasporphyre nur selten Kalkspathkörner enthalten. Nester und Trümer von Kalkspath sind keine seltene Erscheinung; auch treten hier und da Eisenglanz, dichtes Rotheisenerz und Eisenrahm in kleinen Partieen als accessorische Bestandmassen auf. Nach Hausmann soll auch bisweilen Kieselschiefer, oder vielmehr ein ihm ähnlicher Hornstein, in der Form von Mandeln vorkommen.

Der Kalkdiabas ist in der Regel ein massiges Gestein, gewöhnlich von unregelmässig polyëdrischer, bisweilen auch von säulenförmiger, pfeilerförmiger und kugliger Absonderung. Indessen giebt es doch auch Varietäten, welche, zugleich mit einer undeutlich schiefrigen Structur, eine Anlage von

*) Vergl. Oppermann's Dissertation über Schalstein und Kalktrapp, 1836, S. 13, und Hausmann, über die Bildung des Harzgebirges, S. 22.

**) Dieser Umstand, so wie die Form, die Structur und die compacte Beschaffenheit der Kalkspathkörner gestatten kaum, sie für Mandeln oder für Producte späterer Infiltration zu erklären. Sie können nur gleichzeitige Concretionsgebilde sein. »Bei dicht gedrängten Körnern,« sagt von Dechen »verdient das Gestein den Namen eines rundkörnig abgesonderten Kalksteins«; a. a. O. S. 512.

Schichtung verrathen, und dadurch einen Uebergang in den Schalstein vermitteln.

5) **Schalstein,** z. Th. Auch der Aphanitschiefer entwickelt nämlich nicht selten Kalkspathkörner in seiner Grundmasse, und dann entstehen dickschiefrige, mehr oder weniger deutlich geschichtete Varietäten des Kalkdiabases, welche man schiefrigen Kalkdiabas nennen könnte. Gewöhnlich werden sie aber mit in die Kategorie jener, in ihrem Habitus sehr unbestimmten Gruppe von kalkspathreichen schiefrigen Gesteinen gezogen, welche man mit dem wenig bezeichnenden und auch ausserdem nicht empfehlenswerthen Nassauer Provinzialnamen Schalstein belegt hat. Da jedoch die meisten Schalsteine zu den Grünsteintuffen und zu ähnlichen Gesteinen von klastischer und sedimentärer Natur zu rechnen sein dürften, so werden wir die Beschreibung derselben weiter unten bei den klastischen Gesteinen der Diabasfamilie einschalten.

§. 182. *Familie des Melaphyres.*

Die Gesteine, welche Al. Brongniart unter dem etwas seltsam gebildeten Namen Melaphyr*) einführte, sind grösstentheils identisch mit denen, welche Faujas-de-Saint-Fond unter dem Schwedischen Namen Trapp vereinigte, dessen sich auch Warmholz, Steininger und Andere in demselben Sinne bedient haben. Werner nannte sie Trapp-Porphyr oder Trappmandelstein, Zobel und v. Carnall Porphyrit, Freiesleben Pseudoporphyr, v. Raumer Basaltit, und in manchen französischen Schriften werden sie auch z. Th. unter dem Namen Spilit aufgeführt. Trapp und Melaphyr dürften wohl gegenwärtig die beiden gebräuchlichsten Benennungen sein; weil jedoch der schwedische Trapp mehr ein basaltartiges Gestein ist, auch die auf den Färöern und in Island auftretenden basaltischen Gebilde häufig unter demselben Namen aufgeführt worden sind, so scheint es am zweckmässigsten, mit Leopold v. Buch für die hier zu betrachtenden Gesteine den Namen Melaphyr beizubehalten, welcher gewissermaassen eine Uebersetzung des früher

*) In diesem Namen ist nämlich die zweite Sylbe des Wortes Porphyr mit dem Worte μελας verbunden worden, um die dunkle Farbe der Grundmasse der meisten hierher gehörigen Gesteine und zugleich deren Verwandtschaft mit den Porphyren auszudrücken. Diese Art und Weise, das verstümmelte Wort Porphyr mit anderen Worten zu eigenthümlichen Gesteinsnamen zu verbinden, ist noch ausserdem vielfach beliebt worden, wie die Namen Mimophyr, Argilophyr, Calciphyr, Prasophyr, Leucitophyr lehren. Glücklicherweise bietet die griechische Sprache in dem Worte φύρω noch eine andere, auf die Mischung und Structur bezügliche Interpretation dar, an welche wir uns halten können.

von ihm selbst gebrauchten Namens schwarzer Porphyr, dabei wohlklingend und in allen Sprachen zulässig ist.

Die Gesteine dieser, vorwaltend aus Labrador bestehenden Familie sind zuweilen denen der vorhergehenden Familie so ähnlich, dass man in manchen Fällen zweifelhaft darüber bleiben kann, zu welcher von beiden Familien ein gegebenes Gestein gerechnet werden soll. Wie aber in der einen Richtung ein Anschliessen an die Diabase Statt findet, so giebt sich in anderen Richtungen eine noch weit innigere Verwandtschaft mit den Basalten und mit gewissen Gesteinen der Porphyrfamilie zu erkennen, so dass eine scharfe Abgränzung der Melaphyre mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist*).

Die hauptsächliche Eigenthümlichkeit dürfte einerseits in der entschiedenen Natur des feldspathigen Gemengtheils begründet sein, welcher, bei deutlicher Ausbildung, stets nur als Labrador erkannt worden ist; anderseits darin, dass Pyroxen nur selten in erkennbaren Krystallen oder Individuen hervortritt, gewöhnlich aber mineralogisch gar nicht nachzuweisen ist; wie denn überhaupt die Melaphyre in ihrer vorwaltenden Masse als mikro- und kryptokrystallinische Gesteine erscheinen, und nur bisweilen zu einer deutlich körnigen Ausbildung gelangt sind. Eine dritte Eigenthümlichkeit giebt sich in der Tendenz zur Entwickelung von Blasenräumen und von amygdaloidischer Structur zu erkennen, weshalb die Melaphyre sehr häufig als Mandelsteine oder Spilite ausgebildet sind**). In den Mandeln, welche zuweilen eine bedeutende Grösse erreichen, und dann als Geoden von vielfältiger Zusammensetzung auftreten, erscheinen meist nur Kalkspath oder Braunspath und mancherlei Varietäten der Species Quarz (Chalcedon, Karneol, Jaspis, Quarz, Amethyst, Achat), so wie ein chloritartiges oder grünerdeähnliches Mineral, welches letztere die Peripherie der Mandeln, gleichsam eine Schale oder Rinde derselben, zu bilden pflegt. Ein ähnliches, weiches und grün gefärbtes Mineral ist aber auch nicht selten in Körnern und undeutlichen Krystallen eingesprengt. Die in den Basalt-Mandelsteinen so häufigen Zeolithe gehören in den eigentlichen Melaphyren zu den seltneren Erscheinun-

*) Bis daher künftige Untersuchungen darüber entschieden haben werden, ob und wie weit gewisse doleritähnliche Gesteine und Augit führende Porphyre mit den gewöhnlichen Melaphyren zu vereinigen sind, hielten wir es für gerathen, lediglich diese letzteren in gegenwärtigem Paragraphen zu behandeln.

**) Sehr richtig sagt Elie de Beaumont: *Le spilite n'est qu'une modification du melaphyre; Explic. de la carte géol. etc. p.* 369.

gen. Rechnen wir nun noch zu allen diesen Merkmalen den gänzlichen Mangel an Quarz in der Form eines wirklichen Gemengtheils, die vorwaltende röthlichbraune bis röthlichgraue, bisweilen in grünlichgrau, dunkelgrün und schwarz verlaufende Farbe der Grundmasse, und das nicht seltene Auftreten von Rubellan oder Glimmer, so dürften die petrographischen Eigenthümlichkeiten der Melaphyre im Allgemeinen so ziemlich erschöpft sein.

Indessen müssen wir die Natur dieser Gesteine noch etwas näher in Betrachtung ziehen. Da sie in ihrer Grundmasse gewöhnlich mikro- oder kryptokrystallinisch erscheinen, so ist eine gründliche Erforschung derselben nur auf dem Wege der chemischen Analyse zu erwarten, wobei jedoch die in den porphyrartigen Varietäten eingesprengten Krystalle und Körner subsidiarisch zu berücksichtigen sein werden. Die neueren chemischen Untersuchungen von Bergemann und Delesse haben gelehrt, dass der vorwaltende Bestandtheil der Melaphyre Labrador ist; während aber Bergemann als einen zweiten Bestandtheil den Pyroxen erkannt hat, so glaubt Delesse aus der Discussion seiner Analysen eher auf Amphibol schliessen zu müssen; doch möchte es wohl noch in Frage zu stellen sein, ob nicht das grüne, von Delesse als Eisenchlorit (*chlorite ferrugineuse*) bezeichnete Mineral, welches eine so häufige Erscheinung in den Melaphyr-Mandelsteinen ist, auch als Bestandtheil ihrer Grundmasse zu betrachten und dadurch der geringe Wassergehalt der letztern zu erklären sein dürfte*). Noch ist Magneteisenerz häufig, wenn auch bisweilen in unsichtbaren Theilen, vorhanden, wie die Einwirkung auf die Magnetnadel beweist.

Schon früher hatte sich Steininger mit einer Erforschung der mineralischen Zusammensetzung der auf dem linken Rheinufer vorkommenden Melaphyre beschäftigt, welche er grösstentheils nach der Methode von Cordier untersuchte**). Er fand, dass ihre Grundmasse wesentlich aus Feldspath und magnetischem Titaneisenerz oder auch Eisenglanz bestehe, zu welchen sich in manchen Varietäten noch ein, von ihm anfangs für Hornblende oder Augit gehaltenes Mineral gesellt. Den Feldspath erklärte er grösstentheils für Albit, was wohl auf einer, ohne chemische Analyse leicht möglichen Verwechslung des Labradors beruhen dürfte.

Den wichtigsten Aufschluss über die Melaphyre verdankt jedoch die Wissenschaft den chemischen Untersuchungen von C. Bergemann, unter welchen namentlich diejenigen ein hohes Interesse gewähren, welche sich auf die krystallinisch-körnigen Varietäten vom Schaumberge bei Tholei und vom Martinsteine beziehen, weil ähnliche Gesteine in dem Melaphyrgebiete an der Süd-

*) Hierbei ist jedoch nicht zu übersehen, dass Delesse auch im Labrador einen Wassergehalt über 2 p.C. nachgewiesen hat, und dass die Analysen in dem Gesteine selbst fast gar keine Magnesia erkennen liessen.

**) Geognost. Beschr. des Landes zwischen der Saar und dem Rheine, 1840, S. 99 ff. und Nachträge zu dieser Schrift, 1841, S. 21 ff.

seite des Hunsrücks sehr verbreitet sind*). Bergemann behandelte die untersuchten Gesteine mit Salzsäure, und trennte dadurch die in Säure auflöslichen von den unauflöslichen Bestandtheilen, welche letztere dann durch kohlensaure Alkalien oder durch Flusssäure weiter aufgeschlossen und analysirt wurden. Zwar haben dergleichen Analysen ihre eigenthümlichen Schwierigkeiten, weil man nicht genau wissen kann, ob etwas und wie viel von denen in der Hauptsache unauflöslichen Bestandtheilen schon während der Behandlung mit Säure einer theilweisen Zersetzung unterliegt, wodurch die Interpretation der Analysen selbst etwas unsicher werden muss. Da uns aber vor der Hand gar keine andere Methode der Untersuchung zu Gebote steht, so hat Bergemanns Arbeit einen ausserordentlichen Werth für die Kenntniss der mineralischen Natur der Melaphyre. Es ergiebt sich aus derselben:

1) dass wohl die meisten, am südlichen Fusse des Hunsrücks so verbreiteten körnigen Melaphyre 24 bis 30 p. C. in Salzsäure auflöslicher, und 70 bis 76 p. C. unauflöslicher Bestandtheile enthalten;
2) dass zu den auflöslichen Bestandtheilen, ausser einem noch zweifelhaften Silicate, kohlensaures Eisenoxydul und kohlensaurer Kalk (von 6 bis über 12 p. C., doch ersteres stets vorwaltend) und titanhaltiges Magneteisenerz (4 bis 6 p. C.) gehören;
3) dass der in Säure unauflösliche Antheil sehr vorwaltend Labrador mit einer verhältnissmässig geringen Beimengung eines grünen Minerals ist, welches Bergemann als Pyroxen betrachtet, weil die Analyse, nach Abzug des Labradors, ein solches Verhältniss der Kieselerde und der Basen ergiebt, welches ziemlich nahe auf die Formel $\dot{R}\dot{\ddot{S}}i$ führt. Von diesem pyroxenartigen Minerale wurden jedoch in dem Gesteine vom Schaumberge nur 4,6, in dem Gesteine vom Martinsteine nur 5,5 p. C. berechnet**);

*) Vergl. die treffliche Abhandlung Bergemann's in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 21, 1847, S. 1 f. Das pechsteinähnliche Gestein vom Weisselberge ist so ganz eigenthümlich zusammengesetzt, dass wir von ihm hier absehen; dasselbe gilt von dem basaltähnlichen und olivinreichen Gesteine des Pitschberges.

**) Bergemann spricht sich über dieses Mineral folgendermaassen aus: »Die kleinen glänzenden Augitkrystalle (im Schaumberger mit Salzsäure behandelten Gesteine) scheinen, durch die Loupe betrachtet, geschobene vierseitige Prismen zu bilden, die der Länge nach gestreift sind, und bei einer dunkel braungrünen Farbe, Durchscheinenheit besitzen. Vor dem Löthrohre sind sie sehr schwer und nur an den äussersten Kanten schmelzbar. Die Verbreitung des Augites in der Grundmasse ist sehr ungleichmässig; einzelne Stellen erscheinen ganz weiss, andere wie dicht punctirt. Einzelne, grössere und bestimmbare Krystalle sind selten; die grössten, welche ich zu sehen Gelegenheit hatte, waren etwa ½ Linie lang; im Allgemeinen sind sie immer kleiner, als die Nadeln und Blättchen des Magneteisenerzes«; (a. a. O. S. 17). Von dem Martinsteiner Gesteine sagt er S. 23, dasselbe erscheine nach der Digerirung mit Salzsäure als ein graulichweisses Aggregat von Labrador mit »hier und da eingesprengten, kleinen durchscheinenden Krystallen

4) dass es gewisse Varietäten giebt, welche fast nur aus Labrador und Magneteisenerz bestehen, wie z. B. das kuglig abgesonderte Gestein zwischen Tholei und Thelei, und das ganz ähnliche Gestein von Aussen, von welchen das erstere aus 80 p. C. Labrador und aus 18,21 p. C. Magneteisenerz zusammengesetzt ist.

Hieraus ergiebt sich als das wahrscheinlichste Resultat für die mineralische Zusammensetzung der Melaphyre, dass sie vorwaltend aus Labrador und etwas titanhaltigem Magneteisenerz bestehen, wozu sich in den meisten Varietäten noch ein Gehalt von Eisenspath und Kalkspath, ein unbestimmtes Silicat, und auch vielleicht etwas Pyroxen gesellen. Besonders wichtig ist die Nachweisung des Eisenspathes und Kalkspathes, als wirklicher Gemengtheile der Grundmasse, weil das Dasein derselben mit dem so häufigen Vorkommen von Kalkspath- und Braunspath-Mandeln, und mit dem Auftreten von Nadeleisenerz und Eisenrahm in den Geoden im genauesten Zusammenhange stehen dürfte, so wie auch der Eisenspath zum Theil das Eisenoxyd zur Bildung des in den Mandeln so häufigen chloritartigen Minerals geliefert haben kann. In einer verwitterten Varietät fand Bergemann Eisenoxydhydrat statt Eisenspath.

So lehren denn auch diese genauen Untersuchungen, dass in den eigentlichen Melaphyren der Pyroxen oder das pyroxenähnliche Mineral jedenfalls nur als ein untergeordneter Bestandtheil zu betrachten ist. Damit stimmt auch das spezifische Gewicht derselben, welches

von Zobel und von Carnall	= 2,65 — 2,75
- Bergemann*)	= 2,748 — 2,837
- Credner	= 2,63 — 2,76
- Leopold v. Buch	= 2,752 — 2,754
und von mir selbst	= 2,67 — 2,75

bestimmt worden ist, und folglich, unter Berücksichtigung des spezifischen Gewichtes des Labradors und des, wenn auch oft nur in kleinen Quantitäten

von gelblichgrüner Farbe, die ebenfalls einen Blätterdurchgang bemerken lassen, und aus Augit bestehen; sie sind nur in geringer Menge vorhanden, und ihre Farbe weicht wenig von der der Grundmasse ab, daher sie leicht übersehen werden können.« Endlich bemerkt er bei der Beschreibung des Aussener Gesteins, dass die, nach Ausziehung des Magneteisenerzes, weiss erscheinende Grundmasse desselben auch in grösseren Bruchstücken nur selten einzelne Blättchen von Augit oder Hornblende einschliesse, »welche mithin den wesentlichen Bestandtheilen des Gesteins nicht beigezählt werden können.« Obgleich er übrigens alle diese Gesteine für wahre Dolerite erklärt, so glaubt er doch (S. 44), dass die Augite der Melaphyre und der Dolerite wahrscheinlich verschieden sind. Sehr auffallend ist der fast gänzliche Mangel an Magnesia, von welcher Bergemann in den Gesteinen vom Schaumberge und Martinstein nur 0,6 bis 0,7 p. C. angiebt. Vauquelin fand im Melaphyr von Kirn gar keine, und Bergmann in dem von Oberstein nur 1 p. C. Magnesia.

*) Das hohe Gewicht 2,837 fand Bergemann bei der kugligen Varietät mit einem Gehalte von 18 p. C. Magneteisenerz.

vorhandenen Magneteisenerzes, keine bedeutende Beimengung von Pyroxen voraussetzen lässt, da die Pyroxene in ihrem Gewichte immer weit über 3,0 hinaufgehen.

Endlich schmilzt die Grundmasse der Melaphyre leicht, und jedenfalls weit leichter als die der Felsitporphyre, zu einem grünlichen oder gelblichen Glase.

Die in der Grundmasse, bei porphyrartiger Ausbildung, vorkommenden krystallinischen Einsprenglinge sind theils Feldspath, theils ein problematisches und gewiss nur selten unzweifelhaft für Augit erkanntes Mineral, theils Rubellan und Glimmer.

Dass die Feldspathkrystalle wirklich Labrador sind, diess dürfte wohl nicht mehr zu bezweifeln sein. Der Rubellan erscheint meist in kleinen, ziegelrothen, stark glänzenden Lamellen, und der Glimmer in messinggelben, dunkelbraunen oder schwarzen hexagonalen Tafeln. Während über die Natur dieser Bestandtheile mit Sicherheit zu entscheiden ist, so ist solches keinesweges der Fall mit dem grünen Mineral, welches in vielen sowohl porphyrartigen als auch mandelsteinartigen Varietäten, jedoch meist nur in undeutlichen Körnern eingesprengt ist. Man hat sie oft für Augit gehalten, ohne jedoch genügende Beweise dafür beizubringen, und da wir in den eigentlichen Melaphyren (nach Absonderung der ihnen oft ähnlichen Augitporphyre und Basalte) ein nothwendiges und allgemeines Vorhandensein des Augites bezweifeln zu müssen glauben, so mögen zur Rechtfertigung dieses Zweifels folgende Angaben citirt werden.

Faujas-de-Saint-Fond, dessen übrigens recht gute Abhandlung über die Melaphyre aus einer Zeit stammt, wo man den grünen Gemengtheil der Gesteine noch ziemlich allgemein für Hornblende hielt, erklärt ausdrücklich, dass ihm solche niemals vorgekommen sei, thut aber auch des Augites keine Erwähnung. Freiesleben gedenkt in den Melaphyren von Mansfeld keines Augites, wohl aber eines weichen, milden, verschiedentlich grün gefärbten, in kleinen sternförmigen Partieen, in Flecken und in büschelförmig gruppirten vier- und sechsseitigen Säulen ausgebildeten Minerals. Leopold v. Buch sagt von den Melaphyren des Thüringer Waldes, es sei freilich nicht leicht zu erkennen dass sie Augit enthalten, doch lasse sich bei einzelnen grösseren Krystallen zuweilen bemerken, dass ihnen der blättrige Bruch der Hornblende nicht zukommt; in dem Ilefelder Melaphyr aber gesteht er den Augit nie deutlich erkannt zu haben. Boué erwähnt in den Schottischen Melaphyren (wohin seine *roches feldspathiques* gehören) lediglich zersetzte und in Grünerde übergehende (also gewiss undeutliche und zweifelhafte) Augitkrystalle. Keferstein spricht bei der Beschreibung des Ilefelder Melaphyrs lediglich von Körnern eines schwärzlichgrünen, halb erdigen Minerals, welches vielleicht von Augit stamme; Hausmann aber äussert sich nur dahin, dass die Grundmasse desselben hier und da Spuren von Augitkrystallen verrathe. Zobel und v. Carnall gedenken in Schlesien nur eines einzigen Punctes bei Rothwaltersdorf, wo der Melaphyr kleine deutliche Augitkrystalle enthält. Dagegen sagt Delesse, dass er in dem Melaphyr von Faucogney keine Pyroxenkrystalle gefunden habe. Eben so bemerkt Studer, dass in den schwarzen Porphyren am Luganer See bis jetzt noch kein Augit habe entdeckt werden können. Steininger liess es zwar anfangs unbestimmt, ob das grüne Mineral

der Melaphyre des linken Rheinufers Hornblende oder Augit sei, erklärte sich aber später für die meisten dieser Gesteine dahin, dass solche keine Spur von Hornblende oder Augit enthalten, und ganz eigenthümliche, von den Doleriten und Augitporphyren wesentlich verschiedene Gesteine seien. Gumprecht erklärt, dass es ihm niemals gelungen ist, in den Melaphyren des Thüringer Waldes auch nur eine Spur von Pyroxen zu entdecken, und er bezweifelt das Vorkommen desselben um so mehr, weil solches weder von Credner noch von Cotta erwähnt wird. Der Letztere sagt auch wirklich, die Anwesenheit das Augites sei wenigstens noch nicht erwiesen, und Credner bemerkt, in deutlichen Krystallformen habe sich derselbe bis jetzt noch nicht in den Melaphyren des Thüringer Waldes gefunden. Endlich habe ich selbst in den Melaphyren Sachsens noch niemals Augit gesehen, und solchen daher auch bei der Beschreibung derselben nicht angeben können*).

Nach diesem Allen dürfte wohl anzunehmen sein, dass das in vielen Melaphyren eingesprengte grüne Mineral nur äusserst selten für wirklichen Pyroxen erkannt worden ist, und dass die meisten eigentlichen Melaphyre eher durch die Abwesenheit, als durch die Anwesenheit von deutlichen Krystallen dieses Minerales charakterisirt sind. Ob man hiernach berechtigt sei, in der Grundmasse der Melaphyre viel Pyroxen vorauszusetzen, diess muss ich dahin gestellt sein lassen.

Dass die in den mandelsteinartigen Melaphyren auftretenden Mandeln in der Regel nur von Kalkspath oder von verschiedenen Varietäten der Species Quarz gebildet werden, wurde bereits oben erwähnt; indessen kommen hier und da, namentlich in den grösseren Geoden mancherlei andere Mineralien, und unter ihnen auch bisweilen Zeolithe vor. Aber gerade diese Seltenheit der Zeolithe ist es, wodurch sich die Melaphyr-Mandelsteine von den Basalt-Mandelsteinen unterscheiden. Diese Mandeln werden nun sehr häufig von einer Kruste desjenigen Minerals umgeben, welches früher als Grünerde, Glimmer, Chlorit oder Chlorophäit aufgeführt wurde, dessen genauere Untersuchung aber erst von Delesse gegeben worden ist, welcher es als *Chlorite ferrugineuse* besimmte. Da es jedoch eine von den Chloriten abweichende chemische Zusammensetzung hat, so möchten wir es zum Andenken an seinen Erforscher Delessit nennen**). Dieser Delessit scheint in den Melaphyren

*) *Faujas-de-Saint-Fond* in *Ann. des mines, t. XIX*, und Leonhard's Taschenb. für Min. 1816, S. 443. Freiesleben, Geognost. Arbeiten, Bd. IV, 1815, S. 138. Leopold v. Buch, in Leonh. Taschenb. für Min. 1824, S. 442 und 478. *Boué*, *Essai géol. sur l'Ecosse*, *p.* 132. Keferstein, Teutschland geogn. geol. dargestellt, Bd. VI, S. 384. Zobel und v. Carnall im Archiv für Min. Bd. III, S. 355. *Delesse, Mém. sur la constit. min. et chim. des roches des Vosges, p.* 53. Studer, Lehrb. der phys. Geogr. I, 308. Steininger, in den Nachträgen zur Geogn. Beschr. des Landes zwischen Saar und Rhein, 1841, S. 21 ff. Gumprecht, im Neuen Jahrb. für Min. 1842, S. 829; Cotta, ebendas. 1845, S. 75, und Credner, ebend. 1843, S. 281.

**) Die Analysen, welche Delesse a. a. O. S. 36 mittheilt, führen auf die Formel $2\dddot{\overline{R}}\dddot{Si} + 2\dot{R}^2\dddot{Si} + 5\dot{H}$, wobei $2\dddot{\overline{R}} = \frac{8}{7}\dddot{\overline{Al}} + \frac{6}{7}\dddot{\overline{Fe}}$ und $4\dot{R} = \frac{7}{2}\dot{Mg} + \frac{1}{2}\dot{Fe}$ ist. Das Mineral bildet wie erwähnt meist Krusten der Mandeln, von ein-

eine sehr wichtige Rolle zu spielen, indem er nicht nur die äussere Schale vieler grösseren Mandeln, sondern auch selbständig kleinere Mandeln und vielleicht auch die eingesprengten grünen Körner bildet, wie solche am genauesten von Freiesleben beschrieben worden sind.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass auch weisses Steinmark, d. h. ein mikro- und kryptokrystallinisches, wasserhaltiges Thonerdesilicat, nicht selten als das Ausfüllungsmaterial der kleineren Blasenräume erscheint. Auch diese Steinmarkmandeln sind in der Regel mit einer Delessitkruste versehen, oder bestehen nicht selten aus abwechselnden Lagen von Delessit und Steinmark.

Die Varietäten des Melaphyrs sind ausserordentlich manchfaltig; allein, trotz ihres so verschiedenartigen Ansehens erscheinen sie doch unter einander auf das Innigste durch Uebergänge verbunden, wie diess schon Faujas-de-Saint-Fond erkannte, welcher sich sehr nachdrücklich gegen eine Trennung derselben nach den Verschiedenheiten ihres äusseren Habitus erklärte; worin auch alle späteren Beobachter mit ihm übereinstimmen. Daher dürfte es auch nicht zweckmässig sein, im Allgemeinen eine grosse Anzahl von Varietätengruppen hervorzuheben, und glauben wir uns etwa auf folgende beschränken zu müssen.

a) Einfacher Melaphyr. Kleinkörnig, feinkörnig bis dicht, schimmernd, ohne deutliche Labradorkrystalle oder Glimmerblätter, und ohne Mandeln; von mancherlei grauen, braunen, dunkelgrünen bis schwarzen Farben, bisweilen fast wie dichter Basalt erscheinend, sehr zäh und schwer zersprengbar.

b) Melaphyrporphyr, oder porphyrartiger Melaphyr (Glimmerporphyr z. Th.). Sehr feinkörnige bis dichte Grundmasse von röthlichgrauer, röthlichbrauner, violettbrauner, schwärzlichbrauner, schwärzlichgrüner bis grünlichgrauer Farbe; eingesprengt sind Krystalle von Labrador oder auch von Glimmer, oft beide zugleich, auch bisweilen Körner des mehr erwähnten problematischen grünen Minerals. Zu diesen Melaphyrporphyren würden auch nach Delesse die im südlichen Norwegen auftretenden Porphyre gehören, welche Labradorkrystalle, theils von rhomboidischem, theils von linearem Querbruche umschliessen, und daher von Leopold v. Buch unter dem Namen Rhombenporphyr und Nadelporphyr beschrieben worden sind*).

c) Melaphyrmandelstein oder mandelsteinartiger Melaphyr. Feinkörnige, dichte oder erdige, bald ziemlich lockere und weiche, bald compacte und harte Grundmasse, meist bräunlichroth und röthlichbraun bis schwärzlichbraun, auch von verschiedenen grauen und grünen Farben. Diese Grundmasse, welche Werner in ihren braunrothen und mehr weichen Varietäten Eisenthon nannte, umschliesst mehr oder weniger zahlreiche Blasenräume von sehr verschiedener Grösse und Gestalt, und mit den oben erwähnten Ausfüllungen, welche als

wärts fein nierförmiger Oberfläche, und radial fasriger oder blättriger Structur. Die Farbe ist grün bis schwarz, der Strich graulichgrün, H. = 2—2,5, G. = 2,89; es ist mild, gibt im Kolben Wasser, und ist vor dem Löthrohr nur äusserst schwer schmelzbar. Der in den Basaltmandelsteinen auf ähnliche Weise vorkommende Chlorophäit ist ein sehr wasserreiches Eisenoxydul-Silicat.

*) Delesse, a. a. O. p. 65 ff.

Mandeln und Geoden erscheinen. Doch sind die kleineren, nur mit Kalkspath oder Delessit erfüllten Mandeln weit gewöhnlicher, als die grösseren Mandeln mit kieseligen Ausfüllungen, welche letztere nur an einzelnen Stellen vorkommen, wo die Umstände ihrer Ausbildung besonders günstig gewesen sein mögen. Wenn die Blasenräume sehr gedrängt und nur wenig ausgefüllt sind, so erhält das Gestein zuweilen ein ganz schlackenartiges Ansehen. Uebrigens erscheinen sie bald ganz unregelmässig gestaltet und durch einander gewunden, bald mehr regelmässig kugelrund, sphäroidisch, ellipsoidisch u. s. w., oft aber plattgedrückt oder auch langgestreckt, und dann einander parallel geordnet.

Von accessorischen Bestandtheilen der verschiedenen Melaphyre sind, ausser dem schon genannten Rubellan und dem grünen Minerale, besonders noch Pistazit, Granat (bei Ilefeld und am Liedermont bei Düppenweiler), Diallag (oder ein ähnliches Mineral in gelben bis kupferrothen Blättchen, wenn nicht Rubellan) und Eisenglimmer zu erwähnen. In den grösseren Mandeln oder Geoden finden sich, ausser den manchfaltigsten zusammengesetzten Varietäten der Species Quarz, auch noch als neuere Bildungen nicht selten Kalkspath, Braunspath, Baryt, Flussspath, Asbest, Eisenspath, Eisenglanz, Eisenrahm, Pyrolusit, und zuweilen Prehnit, Chabasit, Harmotom oder Stilbit. Auch treten Chalcedon und andere Varietäten des Quarzes, Kalkspath, Braunspath, Manganerze, Rotheisenerz, Kupfererze und gediegenes Kupfer*) hier und da in der Form von Trümern und Nestern auf.

Die Melaphyre sind in der Regel massige Gesteine; doch zeigen die Mandelsteine bisweilen eine Anlage zu undeutlicher Schichtung, besonders wenn sie durch die Form und Anordnung der Mandeln mit Parallelstructur versehen sind. Zuweilen findet säulenförmige Absonderung Statt; häufiger kommt eine kuglige und concentrisch schalige Absonderung vor, zumal bei beginnender Verwitterung des Gesteins; auch plattenförmige Absonderung ist manchen porphyrartigen Varietäten eigen, während die unregelmässig polyëdrische Absonderung, als die gewöhnlichste, bei allen Varietäten beobachtet wird.

Die Melaphyre umschliessen nicht selten Fragmente von anderen Gesteinen; auch werden von ein paar Localitäten eingeschlossene organische Ueberreste angegeben, von denen es jedoch z. Th. zweifelhaft ist, ob sie nicht vielmehr in Melaphyrtuffen als in wirklichem Melaphyr vorkommen. Im Allgemeinen aber sind die Melaphyre als völlig fossilfreie Gesteine zu betrachten. Uebergänge in Dolerit, Hypersthenit, Augitporphyr und ähnliche Gesteine werden mehrfach angegeben. Die porphyrartigen Varietäten des Melaphyrs stehen endlich den quarzfreien Felsitporphyren so nahe, dass diese letzteren vielleicht z. Th. mit ihnen zu vereinigen sein werden.

*) Nach Cordier hat das Trappgestein am Superiorsee in Nordamerika, welches so reich an Kupfer u. z. Th. auch an Silber ist, vollkommene Aehnlichkeit mit den Melaphyren von Oberstein; l'Institut, Nr. 788.

§. 183. *Familie des Felsitporphyrs.*

Die sämmtlichen hierher gehörigen Gesteine, welche gewöhnlich unter den Namen Feldsteinporphyr und Thonsteinporphyr aufgeführt werden, sind durch porphyrische Structur, also durch den Gegensatz einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse und der in solcher Grundmasse eingesprengten krystallinischen Bestandtheile charakterisirt. Weil sie aber diese Structur mit allen übrigen porphyrartigen Gesteinen gemein haben, so kann ihre Eigenthümlichkeit nur in der mineralischen Natur jener Grundmasse und dieser Einsprenglinge gesucht werden, deren Bestimmung daher eine der wichtigsten Aufgaben bildet. Für die Einsprenglinge ist diese Aufgabe oft leicht zu lösen, während für die Grundmasse ihre vollständige Lösung mit grossen Schwierigkeiten verbunden und meist nur durch eine chemische Analyse und eine geschickte Interpretation derselben zu erlangen ist. Dieses wichtige Hilfsmittel wurde aber bis jetzt nur selten in Anwendung gebracht, und hieraus ist es erklärlich, warum wir über die eigentliche Natur der meisten porphyrischen Grundmassen mehr wahrscheinliche Vermuthungen, als positive Kenntnisse besitzen.

Indessen stehen uns doch noch einige andere Hilfsmittel zu Gebote, um wenigstens zu einer approximativen Kenntniss der Natur dieser Grundmasse zu gelangen. Zuvörderst ist dieselbe in manchen Porphyren noch krystallinisch feinkörnig ausgebildet, so dass man unter der Loupe, oder nach Befinden unter dem Mikroskope die Bestandtheile derselben zu erkennen vermag; dann giebt uns die genaue Bestimmung des specifischen Gewichtes und die mehr oder weniger leichte Schmelzbarkeit einiges Anhalten, um über das Verhältniss des Quarzgehaltes und über das Vorhandensein dieser oder jener Feldspathspecies ein vorläufiges Urtheil zu fällen*); endlich sind die zuweilen beobachteten Uebergänge aus Porphyr in Granit und in andere deutlich gemengte Gesteine gleichfalls geeignet, uns einen Wink über die wahrscheinliche Zusammensetzung der porphyrischen Grundmasse zu geben.

*) In dieser Hinsicht ist es wichtig, die mittleren specifischen Gewichte und die Grade der Schmelzbarkeit folgender Mineralien zu berücksichtigen:

Quarz,	G. = 2,65,	unschmelzbar;
Orthoklas,	G. = 2,56,	schwierig schmelzbar;
Albit,	G. = 2,63,	ein wenig leichter schmelzbar;
Oligoklas,	G. = 2,66,	leichter schmelzbar;
Labrador,	G. = 2,71,	noch leichter schmelzbar.

Während schon Dolomieu in der Grundmasse der Porphyre die Gemengtheile des Granites vermuthete, so ist diese Vermuthung von Daubuisson bestätigt und nachgewiesen worden, dass das Substrat der Porphyre hauptsächlich ein Aggregat von Feldspath und Quarz sei, welches er seiner Schmelzbarkeit wegen Eurit nannte*). Eigentlich wurde aber diese letztere Eigenschaft noch früher von Gerhard als ein ganz allgemeines Merkmal aller Porphyre geltend gemacht, indem er zugleich den schwankenden Begriff der mit den Namen Thonstein oder Hornstein belegten porphyrischen Gesteinsmassen genauer zu bestimmen, und unter dem Namen Felsit zu fixiren versuchte**). Die Ansichten Dolomieu's und Daubuisson's sind auch durch alle späteren Analysen porphyrischer Grundmassen bestätigt worden. Die Analysen, welche Berthier und Svanberg mit dem sogenannten Petrosilex oder der Hälleflinta anstellten, so wie die Analysen der Grundmassen verschiedener quarzführender Porphyre von Schweizer, Kersten, Wolff und Hochmuth vereinigen sich insgesammt zu der Begründung des Resultates, dass diese Grundmasse wesentlich ein sehr feines und inniges Gemeng von Feldspath und Quarz sei***). Auch lassen sich diese Analysen ziemlich ungezwungen dergestalt interpretiren, dass der feldspathige Bestandtheil der Grundmasse theils Orthoklas, theils Oligoklas oder Albit ist, weshalb wir berechtigt sind, mit Fournet, G. Rose, Durocher u. A. die Ansicht von Dolomieu zu adoptiren, dass die Grundmasse jener Porphyre hauptsächlich aus denselben Bestandtheilen zusammengesetzt ist, wie der Granit. Die Richtigkeit derselben wird ausserdem nicht nur durch die öfters beobachteten Uebergänge aus Granit in Porphyr, sondern auch

*) *Traité de Géognosie*, 1. *éd.* 1819, *t. I*, *p.* 112 f.

**) In den Abhandl. der K. Akad. der Wissensch. zu Berlin für 1814 und 1815, S. 12 ff., und schon früher in einer der Akademie vorgetragenen Abhandlung über die Porphyre, in welcher er nachwies, dass alle, unter den Namen Feldspath-, Thonstein- und Hornstein-Porphyr aufgeführten Gesteine durchaus den Felsit als Grundmasse haben. Wenn auch Gerhard hierbei den zu seiner Zeit sehr verzeihlichen Irrthum beging, die dichten Labradore von Rosswein und Siebenlehn mit den Felsiten der Porphyre zu verwechseln, so bleibt ihm doch das Verdienst, in Teutschland zuerst einen gemeinschaftlichen Charakter der Grundmasse aller Porphyre festgestellt, und deren Verschiedenheit von dichtem Feldspath ausgesprochen zu haben. Hätte seine Arbeit mehr Beachtung gefunden, so würde man nicht bis auf den heutigen Tag von Hornsteinporphyren sprechen, welche doch nirgends existiren.

***) Schweizer in Poggend. Ann. Bd. 51, 1840, S. 287; Kersten, ebend. Bd. 53, 1843, S. 130; Wolff, Journal für prakt. Chemie, Bd. 34, S. 193 und Bd. 36, S. 412; und Hochmuth, Bergwerksfreund, Bd. 9, 1847.

durch mikroskopische Beobachtungen verbürgt, indem man bei mässiger Vergrösserung in den meisten porphyrischen Grundmassen sehr deutlich krystallinischen Feldspath und Quarz zu unterscheiden vermag; ja, manche Porphyre zeigen eine so deutliche körnige Entwicklung ihrer Grundmasse, dass sich diese ihre Zusammensetzung schon unter der Loupe zu erkennen giebt.

Da es nun nothwendig erscheint, diese Grundmasse mit einem besonderen Namen zu belegen, um sie von dem Substrate anderer porphyrartigen Gesteine zu unterscheiden, so werden wir uns hierzu des von Gerhard vorgeschlagenen Wortes Felsit bedienen. Wir verstehen also unter Felsit nicht etwa blos dichten Feldspath, oder überhaupt irgend eine Feldspathspecies, sondern das scheinbar einfache, mikro- oder kryptokrystallinische Gemeng von Feldspath und Quarz, welches das Substrat der gewöhnlichen Porphyre bildet. Diese Porphyre selbst würden demzufolge allgemein als Felsitporphyre zu bezeichnen sein.

Die Grundmasse der Felsitporphyre hat nun aber einen ausserordentlich verschiedenen Habitus. Abgesehen von den sehr manchfaltigen Farben, ist es besonders der verschiedene Aggregationszustand derselben, welcher zu Unterscheidungen Veranlassung gegeben hat. Sie erscheint nämlich bald sehr dicht, hart und fest, bald locker, minder hart und leichter zersprengbar; diesen Unterschied pflegt man durch die Namen Feldsteinporphyr und Thonsteinporphyr auszudrücken, von denen sich aber nicht gerade rühmen lässt, dass sie sehr glücklich gebildet seien*). Gewisse, in ihrer Grundmasse besonders hart und dicht ausgebildete Porphyr-Varietäten hat man sogar Hornsteinporphyr, und andere Varietäten von auffallend lockerer und fast erdiger Textur Thonporphyr (Argilophyre) genannt, welche beide Namen nur geeignet sind, ganz falsche Vorstellungen zu erzeugen. Gerhard hat schon längst aufmerksam darauf gemacht, dass die Grundmasse der Porphyre, sie mag beschaffen sein, wie sie wolle, vor dem Löthrohre schmelzbar ist, und sich dadurch sowohl von dem Hornsteine, als auch von dem eigentlichen Thone unterscheidet**). Das specifische Gewicht derselben liegt meist zwischen den Gränzen 2,59 — 2,68.

Das Quantitäts-Verhältniss des Quarzes zu den feldspathigen Gemengtheilen der Grundmasse ist ein sehr schwankendes, und kann zu einem sehr

*) Das Wort Feldstein, worunter man dichten Feldspath versteht, soll nämlich in Bezug auf Feldspath dasselbe ausdrücken, was Kalkstein in Bezug auf Kalkspath; dabei wird aber der Quarz gänzlich ausser Acht gelassen. Das Wort Thonstein soll den pelitähnlichen Habitus der Grundmasse bezeichnen, ist aber so wenig geeignet, ihre wahre Zusammensetzung auszudrücken, dass seine allmälige Unterdrückung sehr wünschenswerth erscheint.

**) Die vorwaltend aus Labrador bestehende Grundmasse der Melaphyre ist jedoch weit leichter schmelzbar, weshalb wir den Namen Eurit für sie in Anspruch nehmen möchten.

bedeutenden Vorwalten der letzteren steigen, während wohl niemals ein solches Vorherrschen des Quarzes Statt findet, dass der Name Hornstein gerechtfertigt würde*). Dagegen gibt es gewisse, den Melaphyren sehr ähnliche Porphyre, deren Grundmasse wahrscheinlich nicht nur völlig quarzfrei, sondern auch aus kieselärmeren Feldspathspecies zusammengesetzt ist, als die der eigentlichen Felsitporphyre; worüber freilich erst künftige Untersuchungen entscheiden müssen, da das mineralogisch-chemische Studium der Porphyre überhaupt, eben so wie jenes der Melaphyre und so vieler anderer krystallinischen Silicatgesteine, noch im ersten Beginnen begriffen ist.

Innerhalb der Grundmasse treten nun besonders folgende Mineralien als Einsprenglinge auf.

1) Orthoklas; meist farblos bis fleischroth, in deutlichen Krystallen oder in krystallinischen Körnern, gewöhnlich mit sehr glatten und stark glänzenden Spaltungsflächen; die Krystalle sind jedoch nur selten zollgross und darüber, meist nur ein paar Linien lang.

2) Oligoklas oder auch Albit; überhaupt ein triklinoëdrischer Feldspath, welcher sich nicht nur durch die Zwillingsstreifung seiner Spaltungsflächen als solcher zu erkennen giebt, sondern auch gewöhnlich durch Verschiedenheiten der Farbe, des Glanzes und der Pellucidität von dem zugleich vorhandenen Orthoklase unterscheidet. Man hielt ihn früher für Albit; G. Rose glaubt jedoch, dass er Oligoklas ist, worüber freilich bis jetzt nur in wenigen Fällen durch wirkliche Untersuchung entschieden sein dürfte. Er verwittert meist leichter als der Orthoklas, daher seine Krystalle und Körner oft weiss, matt und undurchsichtig, ja bisweilen ganz kaolinartig erscheinen, während der Orthoklas noch frisch und stark glänzend geblieben ist.

3) Quarz; in graulichweissen bis rauchgrauen Körnern, oder auch in Krystallen, als hexagonale Pyramide, zuweilen mit Abstumpfung der Mittelkanten; meist von der Grösse eines Hirsekorns oder Hanfkorns bis zu der einer Erbse, selten haselnussgross.

4) Glimmer; in hexagonalen Tafeln von tombakbrauner bis pechschwarzer, selten von messinggelber oder grünlicher Farbe.

Diese Einsprenglinge, zu welchen sich bisweilen einige accessorische Bestandtheile gesellen, sind jedoch keinesweges in allen Felsitporphyren zugleich vorhanden; vielmehr giebt es manche Porphyre, in denen fast nur Quarz, andere, in denen zugleich mit dem Quarze auch Orthoklas, noch andere, in denen ausserdem noch Oligoklas, wiederum andere, in denen fast nur Glimmer und Feldspath zu erkennen sind, u. s. w. Besondere Wichtigkeit erlangt aber der Unterschied, ob der Quarz wirklich vorhanden ist, oder gänzlich vermisst wird, weil sich darauf die Unterscheidung der quarzführenden und quarzfreien Porphyre gründet, welche letztere vor der Hand und ohne weitere Untersuchung noch nicht mit den Melaphyren zu vereinigen

*) Gewöhnlich ist der Feldspath sehr vorwaltend; er bildet eine unter dem Mikroskope krystallinisch-körnig erscheinende Masse, in welcher der Quarz in einzelnen Körnern vertheilt ist. Die rothe Farbe der Thonsteinporphyre wird häufig durch ganz feine Schüppchen von Eisenrahm bewirkt, die nur bei etwas stärkerer Vergrösserung zu erkennen sind.

sein dürften. Wir müssen es zwar einstweilen noch dahin gestellt sein lassen, ob diese quarzfreien Porphyre wirklich Felsit, oder nur dichten (d. h. kryptokrystallinischen) Feldspath zur Grundmasse haben; allein der entschiedene Mangel an eingesprengten Quarzkörnern und alle ihre übrigen Eigenschaften und Verhältnisse machen es rathsam, sie von den übrigen Porphyren getrennt zu halten.

Die wichtigsten, in der Familie des Felsitporphyrs aufzunehmenden Gesteine dürften etwa folgende sein: Quarzfreier Porphyr, Minette, Granitporphyr, Felsitporphyr und Pechstein, welcher letztere zwar eigentlich ein hyalines Gestein, aber mit den Porphyren so nahe verwandt ist, das wir es für zweckmässig erachten, ihn hier einzuschalten.

1) **Quarzfreier Porphyr** *). Die quarzfreien Porphyre sind gewöhnlich durch die trübe und düstere Farbe ihrer Grundmasse, stets aber durch die gänzliche Abwesenheit oder die grosse Seltenheit von eingewachsenen Quarzkörnern ausgezeichnet. Die Grundmasse erscheint schmutzig violblau, dunkel lavendelblau, dunkel blaulichgrau, violettgrau, röthlichgrau, rauchgrau, blaulichbraun, röthlichbraun bis schmutzig fleischroth, und ist bald als Feldstein, bald als Thonstein ausgebildet. In dieser Grundmasse treten Krystalle eines (noch nicht bestimmten) triklinoëdrischen Feldspathes, Glimmerkrystalle und zuweilen auch Hornblendkrystalle auf, welche beide letzteren sich gegenseitig auszuschliessen scheinen, indem die glimmerreichen Varietäten keine oder doch nur sehr sparsame Hornblendkrystalle, die hornblendreichen Varietäten dagegen nur selten Glimmerlamellen enthalten. Uebrigens sind die Hornblendkrystalle dünn säulenförmig bis nadelförmig gestaltet, aber oft so undeutlich spaltbar, dass man bisweilen über ihre eigentliche Natur zweifelhaft bleiben kann. Da Feldspathkrystalle immer vorhanden zu sein pflegen, so kann man besonders folgende drei Varietäten-Gruppen unterscheiden:

a) Feldspathporphyr; enthält nur Feldspathkrystalle, ohne andere Beimengungen; kommt z. B. bei Wibbecke und Pasel an der Lenne vor.

b) Hornblendporphyr; findet sich z. B. sehr ausgezeichnet bei Potschappel und Kesselsdorf unweit Dresden.

c) Glimmerporphyr; diese, von Cotta fixirte Gruppe porphyrischer Gesteine, welche von Manchen mit den glimmerhaltigen Melaphyren vereinigt wird, dürfte in der That als eine selbständige Gruppe anzuerkennen sein**). Wir rechnen hierher die Porphyre der Gegend von Wilsdruff, den blauen Porphyr des Meissener Porphyrdistrictes, die Porphyre bei Meissen und Niederfehra, jene von Paditz und Windischleuba bei Altenburg, manche Porphyre des Thüringer Waldes, die älteren Porphyre des Morvan und andere, welche insgesammt durch Feldspath und Glimmer, und durch

*) Sollte sich durch fernere Untersuchungen ergeben, dass diese Gesteine, oder wenigstens gewisse Abtheilungen derselben, wesentlich aus Labrador bestehen, so würden sie allerdings mit den Melaphyren zu vereinigen sein.

**) Ihre Grundmasse schmilzt nicht so leicht, wie jene der Melaphyre, und giebt mehr ein weisses etwas blasiges Email, während die Melaphyre ein schmutzig grünes Glas liefern.

gänzliche Abwesenheit, oder doch nur äusserst seltene Anwesenheit von Quarz charakterisirt sind. Stellenweise findet sich nämlich etwas Quarz ein, aber meist so sporadisch, dass der Unterschied zwischen diesen und den eigentlichen quarzführenden Porphyren immer noch sehr auffallend bleibt. Man könnte daher die Glimmerporphyre als quarzfreie und quarzarme Porphyre unterscheiden, welche letztere als Uebergangsglieder in die quarzführenden Porphyre zu betrachten sein würden*). Denn wenn auch innerhalb gewisser Districte oder für gewisse Ablagerungen der Unterschied der quarzfreien und quarzführenden Porphyre sehr entschieden ausgesprochen ist, so dürfte doch für beide keine völlig exclusive Natur, keine ganz absolute Trennung anzunehmen sein. Wie daher die quarzführenden Porphyre in einer und derselben Ablagerung bald reich bald arm an Quarzkörnern erscheinen, so können auch im Gebiete eines quarzfreien Porphyrs stellenweise die Bedingungen zur Ausscheidung von Quarzkörnern vorhanden gewesen sein. Hiernach kann es uns nicht befremden, wenn z. B. Fr. Hoffmann im Canton Tessin und Jules de Christol in den Cevennen an einer und derselben Ablagerung quarzführenden und quarzfreien Porphyr erkannt haben, welche durch ganz allmälige Uebergänge mit einander verbunden sind**). Die Glimmerporphyre entwickeln zuweilen eine mandelsteinartige Structur, und nähern sich auch dadurch den Melaphyren.

2) **Minette.** An die Glimmerporphyre schliesst sich, wenigstens nach seinen petrographischen Verhältnissen, dasjenige Gestein an, welches die Bergleute der Gegend von Framont mit dem Namen Minette belegen, unter welchem es von Voltz in die Wissenschaft eingeführt worden ist. Nach Voltz ist die Minette ein wesentlich aus Glimmer bestehendes Gestein, dem jedoch die Parallelstructur des Glimmerschiefers fehlt. Die meist braunen oder grauen Glimmerschuppen liegen in einer Grundmasse, welche dem ganzen Gesteine Consistenz giebt; ist solche sehr zurückgedrängt, so erscheint das Gestein weich und im verwitterten Zustande fast zerreiblich, wie z. B. in der Gegend von Framont, Chessy und Annivier im Wallis; ist dagegen die Grundmasse vorwaltend, so erscheint das Gestein entweder feldsteinartig oder thonsteinartig. Durch fortwährende Verkleinerung der, gewöhnlich nur ein oder ein paar Millimeter grossen Glimmerschuppen entstehen endlich röthlichbraune

*) Als dergleichen quarzarme Glimmerporphyre sind vielleicht auch die im südlichen Theile der Vogesen verbreiteten sehr alten Porphyre zu betrachten, welche Elie de Beaumont, ihrer blaulichen und braunen Farbe wegen, als braune Porphyre beschreibt. *Explication de la carte géol. de la France, vol. I, p.* 348 f. Ob der von Grüner im Dep. der Loire nachgewiesene Porphyre granitoide, dessen Selbständigkeit auch von Dufrénoy und Fournet anerkannt wird, hierher gehört, diess dürfte zu bezweifeln sein; er ist feinkörnig, meist weiss, reich an Glimmer, sehr arm an Quarz, und älter als die dortigen quarzreichen Porphyre. *Ann. des mines*, 3. *série, t.* 19, 1841, *p.* 95.

**) *Bull. de la soc. géol., t. IV, p.* 104 f. und *t. VII, p.* 257. Auch im Meissener Porphyrdistricte geht der blaue quarzfreie Porphyr durch quarzarme Varietäten in den quarzreichen Porphyr des Tronitzberges über. Bei den wirklichen Melaphyren findet diess wohl niemals Statt.

Gesteine von fast erdiger Grundmasse; (Gegend von Lyon und Jägerthal im Elsass.) Die Minette ist übrigens ein quarzfreies Gestein*).

Die herrschenden Farben sind röthlichbraun bis schwärzlichbraun; auch kommen gefleckte Varietäten vor, in welchen die Flecke dunkler sind, als die Hauptmasse des Gesteins. Die Härte ist geringer als die des Felsites, und die meisten Varietäten werden von Säuren angegriffen. Ausser der unregelmässig polyëdrischen Absonderung kommen auch kuglige Gesteinsformen vor. Man kennt diese eigenthümlichen Gesteine nicht nur mehrorts in den Vogesen, sondern auch bei Lyon, Bourbon und in der Auvergne; Lortet fand sie bei Schriesheim in Baden, Sismonda am Lago maggiore, und Fournet bei Annivier im Wallis. Doch scheinen sie keine grossen und weit ausgedehnten Ablagerungen zu bilden**).

Einigermaassen verwandt mit der Minette der französischen Geologen dürfte das, im Gebiete des Erzgebirgischen Gneisses, zwischen Metzdorf und Lippersdorf, in mehren Kuppen auftretende Gestein sein, welches ich unter dem Namen Glimmertrapp beschrieben habe. (Vergl. die Geognost. Beschreib. des Königr. Sachsen, Heft II, S. 96 f.)

3) **Granitporphyr;** (Syenitporphyr.) Mit dem Namen Syenitporphyr bezeichnete man sehr schöne, durch grosse Feldspathkrystalle und durch eine recht deutliche körnige Entwickelung ihrer Grundmasse ausgezeichnete Porphyre aus der Gegend von Frauenstein und Altenberg in Sachsen, weil man ein in ihnen vorhandenes grünes Mineral für Hornblende hielt. Genauere Untersuchungen haben gelehrt, dass dieses Mineral Chlorit oder Glimmer sei, wodurch denn die für jene Porphyre vorausgesetzte Verwandtschaft mit Syenit widerlegt wurde Zwar hat man den Namen Syenitporphyr bis jetzt noch beibehalten, jedenfalls aber ist der Name Granitporphyr weit richtiger, welchen Kittel für ähnliche Porphyre aus der Gegend von Aschaffenburg gebraucht hat***). Die feinkörnige aus Feldspath, Quarz und Glimmer oder Chlorit bestehende Grundmasse dieser Porphyre ist, nach Maassgabe der Farbe ihres feldspathigen Bestandtheils, roth oder grau gefärbt, und umschliesst viele, bis zollgrosse und noch gössere, fleischrothe, ziegelrothe, röthlichgraue bis röthlichweisse Krystalle von Orthoklas, etwas kleinere und minder zahlreiche, gelblich oder grünlich gefärbte Krystalle von Oligoklas, bis erbsengrosse graue Quarzkörner, und kleine schuppige Flocken von dunkelgrünem Chlorit oder Glimmer, statt dessen auch bisweilen brauner Glimmer und, in manchen Gegenden, Grünerde oder ein sehr ähnliches Mineral auftritt. Die mit Grünerde gemengten Varietäten zeigen solche nicht selten in ganz kleinen Nestern von fein nierförmiger Oberfläche concentrirt, erhalten

*) Nach *Fournet*, aus dessen *Mémoire sur la Géol. de la Partie des Alpes entre le Valais et l'Oisans, 2. partie, p.* 7 f. wir diese Beschreibung entlehnen; auch Elie de Beaumont bestätigt den Mangel an Quarz, in *Explic. de la carte géol. de la France, I, p.* 370.

**) Im Dorfe Gross-Bauchlitz bei Döbeln setzt ein Gang von ausgezeichneter Minette im Thonschiefer auf.

***) Skizze der geogn. Verhältn. der nächsten Umg. von Aschaffenburg, 1840, S. 30.

aber durch deren Anwesenheit überhaupt eine licht grünlichgraue Farbe, gegen welche die röthlichweissen bis licht rothen Orthoklaskrystalle auffallend abstechen. Die übrigen Varietäten haben gewöhnlich mehr eine rothe Farbe. Von accessorischen Gemengtheilen ist rother Granat als eine seltenere, Eisenkies als eine etwas häufigere Erscheinung zu erwähnen. Diese höchst krystallinischen und schönen Porphyre zeigen meist nur eine unregelmässig polyedrische oder auch pfeilerförmige Absonderung, und finden sich recht ausgezeichnet im Erzgebirge zwischen Dippoldiswalda und Teplitz (hier meist in rothen Varietäten), sowie im Leipziger Kreise in der Gegend von Wurzen und Brandis, wo die licht grünlichgrauen Varietäten vorwalten. Nach G. Rose kommen ähnliche, jedoch quarzfreie Gesteine in Schlesien bei Sydorf vor *).

4) **Felsitporphyr.** (Euritporphyr, quarzführender Porphyr, rother Porphyr.) Obgleich die Granitporphyre in gewisser Hinsicht gleichfalls als Felsitporphyre gelten können, so glaubten wir sie doch, wegen der deutlichen krystallinisch-körnigen Entwickelung ihrer Grundmasse von den gewöhnlichen Felsitporphyren absondern zu müssen. Die eigentlichen Felsitporphyre zeigen nun aber eine so ausserordentlich grosse Manchfaltigkeit der Varietäten, dass wir uns auf eine allgemeine Beschreibung derselben und auf die Hervorhebung einiger besonders auffallenden Varietäten beschränken müssen.

Dass ihre Grundmasse bald hart und dicht, bald weich und locker ist, wurde bereits oben bemerkt; auch werden wir uns einstweilen, in Ermangelung besserer Ausdrücke, noch der beiden Worte Feldsteinporphyr und Thonsteinporphyr bedienen, um diesen verschiedenen Habitus der Grundmasse zu bezeichnen. Der Unterschied begründet übrigens durchaus keine wesentliche oder specifische Differenz; eine und dieselbe Porphyr-Ablagerung erscheint hier als Feldstein- und dort als Thonsteinporphyr, und die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass die weiche Felsitmasse eben so wohl aus lauter krystallinischen Elementen besteht, wie die harte. Diese Modificationen der Textur haben jedenfalls ihre Ursache in verschiedenen Umständen oder Bedingungen, unter denen die Erstarrung oder Verfestung des Gesteines Statt fand, und es ist wohl durchaus kein zureichender Grund zu der Annahme vorhanden, dass die Thonsteinporphyre erst durch spätere Einwirkungen ihre gegenwärtige Beschaffenheit erhalten haben.

Die Grundmasse der Felsitporphyre ist gewöhnlich compact, bisweilen poros, löcherig oder cavernos, aber nur selten mit eigentlichen Blasenräumen versehen. Die Poren und Cavitäten sind entweder leer, oder mit Steinmark, Eisenrahm, Quarz überzogen und zum Theil ausgefüllt.

Die Farben sind äusserst verschieden, liegen aber meist innerhalb folgender Farbenreihen: röthlichweiss bis fleischroth, röthlichbraun, kastanienbraun bis schwärzlichbraun; gelblichweiss bis erbsengelb und gelblichbraun; grünlichweiss, grünlichgrau bis ölgrün, lauchgrün und schwärzlichgrün; grau-

*) Man hat auch gewisse Porphyre aus Ungarn, Siebenbürgen und Schottland, Syenitporphyr genannt, vielleicht mit grösserem Rechte, weil sie Hornblende enthalten; sie sind aber, den Beschreibungen zufolge, ganz verschieden von den Sächsischen. Dagegen möchten wir den grauen, durch grosse Feldspathkrystalle ausgezeichneten Porphyr bei Niederschöna unweit Freiberg den Granitporphyren zurechnen.

lichweiss bis aschgrau und schwärzlichgrau. Im Allgemeinen sind die rothen und verwandten Farben vorherrschend, weshalb auch die Felsitporphyre sonst als rothe Porphyre aufgeführt wurden; die Thonsteinporphyre haben gewöhnlich lichtere Farben, wogegen die sehr dunklen Farben nur bei den Feldsteinporphyren vorzukommen pflegen, ohne dass die lichteren Farben von ihnen ausgeschlossen sind. Obgleich nun eine und dieselbe Porphyr-Ablagerung oft auf grosse Distanzen eine und dieselbe Hauptfarbe zeigt, so wechseln doch auch bisweilen die Farben recht auffallend; in Tyrol und im nördlichen Theile des grossen Sächsischen Porphyrdistrictes erscheinen z. B. rothe und grüne Porphyre gar nicht selten ziemlich regellos durch einander. Zuweilen ist die Grundmasse mit einer geflammten, gestreiften oder gefleckten Farbenzeichnung versehen, welche letztere, wenn die dunk'er, heller oder überhaupt anders gefärbten Partieen eckig und scharf begränzt sind, ein breccienähnliches Ansehen, wenn solche abgeplattet und parallel gelagert sind, eine plane Parallelstructur hervorbringen, ähnlich jener, die durch breitgedrückte Blasenräume gebildet wird*).

Als ein paar besondere Modalitäten in der Ausbildung der Grundmasse sind die sphärolithische und die gestreifte oder schiefrige Structur zu betrachten. Die sphärolithische Structur ist dadurch ausgezeichnet, dass in der dichten Grundmasse viele kleine (hirsekorn- bis erbsengrosse) kugelrunde Concretionen von concentrisch-schaliger, bisweilen auch radialfasriger Zusammensetzung ausgeschieden sind; dergleichen Porphyre finden sich zum Beispiel im Thüringer Walde, am Regenberge bei Friedrichsrode und am Dellberge bei Suhl, im Odenwalde bei Ziegelhausen, im Schwarzwalde bei Marzell, so wie im Fichtelgebirge bei Höchstedt und Heidelheim**). Die gestreifte Structur wird durch eine lagenweise abwechselnde Verschiedenheit in der Beschaffenheit der Grundmasse bedingt, und giebt sich bald nur durch eine Farbenstreifung, bald aber durch eine wesentlich verschiedene Zusammensetzung derselben zu erkennen. Im letzteren Falle erscheinen nämlich der Quarz und der Feldspath, als die beiden Hauptbestandtheile der Grundmasse, dergestalt gesondert ausgebildet, dass der Quarz innerhalb der dichten oder höchst feinkörnigen Feldspathmasse in ganz feinen Körnern ausgestreut ist, welche in parallelen Flächen angehäuft sind, und nicht selten seitlich zusammenfliessen; oder er bildet papierdünne, in der feldspathigen Grundmasse parallel eingeschaltete Lamellen, auf ähnliche Weise, wie diess im Granulite der Fall zu sein pflegt (vergl. oben S. 568). Diese eigenthümliche Vertheilung des Quarzes verleiht dem Gesteine eine plane Parallelstructur, welche nicht selten in eine förmliche schiefrige Structur übergeht. Indessen sind die feinen Gesteinslagen nicht immer ebenflächig ausgebildet, vielmehr

*) Diess ist mitunter sehr ausgezeichnet der Fall mit dem unteren Porphyre der Gegend von Rochlitz in Sachsen, in dessen lichtfleischrother Grundmasse zahlreiche plattgedrückte Partieen von grünlichweisser bis ölgrüner Farbe enthalten sind, welche oft wie ausgefüllte Blasenräume erscheinen. Geogn. Beschreib. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft I, S. 113.

**) Credner, Uebersicht der geogn. Verhältnisse Thüringens, S. 63; Cotta, im Neuen Jahrb. 1843, S. 175; G. Leonhard, Geogn. Skizze von Baden, S. 25.

erscheinen sie häufig theils im Kleinen gekräuselt und verworren, theils im Grossen undulirt, gebogen und verdreht. Eine solche Structur findet sich z. B. sehr ausgezeichnet in Sachsen an den Porphyren der Gegend von Dobritz im Meissner Porphyrdistricte, an dem Porphyr von Tanneberg, Wechselburg u. a. O.; im Thüringer Walde*) bei Asbach, Winterstein, Klein-Schmalkalden und Tabarz; im Odenwalde am Wagenberge bei Weinheim. Als ein Mittelding zwischen der sphärolithischen und gestreiften Structur kann man diejenige betrachten, welche sich durch wurmförmige Zeichnungen zu erkennen giebt; sie kommt nicht häufig, aber z. B. sehr ausgezeichnet am Porphyr von Leukersdorf unweit Chemnitz in Sachsen vor, dessen Zeichnung an die Muster mancher Kattune erinnert, weshalb er auch bisweilen Kattunporphyr genannt worden ist. Bei genauerer Betrachtung erkennt man, dass jede der wurmförmigen Figuren der Querschnitt einer, im Allgemeinen flach linsenförmigen oder scheibenförmigen, im Besonderen aber sehr unregelmässig gestalteten, stark abgeplatteten Gesteinssphäre ist, welche in der Fläche ihres Aequators von einer papierdünnen, dunkelfarbigen Quarzlamelle durchzogen wird, über und unter welcher zunächst weisse, fast erdige Felsitmasse angehäuft ist, die allmälig in die harte rothe Felsitmasse des Gesteins verläuft. Es scheint also bei der Erstarrung des Gesteins innerhalb dieser, dicht über einander liegenden Sphären zugleich eine Concentration des Quarzes und eine Abstossung des Eisenoxydes Statt gefunden zu haben.

Noch ist die bei manchen Porphyren vorkommende cavernose Structur zu erwähnen. Die Grundmasse zeigt dann viele, kleinere und grössere, eckige und ganz unregelmässig gestaltete Höhlungen, welche ihr ein blasiges oder zelliges, rauhes und zerfressenes Ansehen ertheilen; da die Wände dieser Höhlungen in der Regel mit Quarzkrystallen besetzt sind, so erscheint das Gestein ausserordentlich drusig. Bisweilen blähen sich die Cavitäten zu mehr oder weniger regelmässigen kugeligen Räumen auf, welche z. Th. in einander verfliessen, und gleichfalls entweder mit Chalcedon ausgefüllt, oder mit krystallisirtem Quarze und Amethyst überzogen sind, wodurch sich Kugeln und Geoden ausbilden, deren Inneres bisweilen noch mit Kalkspath, Flussspath und Eisenglimmer ausgestattet ist, während ihre äussere Schale aus Hornstein zu bestehen pflegt. Dergleichen drusige und cavernose Porphyre finden sich z. B. sehr ausgezeichnet am Thüringer Walde, vom Regenberge bei Friedrichsrode bis Nesselhof, und vom Dellberge bei Suhl bis Oberhof**).

In der Grundmasse der Felsitporphyre sind nun die bereits oben S. 611 genannten krystallinischen Einsprenglinge mehr oder weniger häufig vorhanden. Quarz fehlt nur selten gänzlich, obwohl er bald sehr häufig, bald sehr

*) Von wo ihn Voigt als gestreiften Jaspis, Heim aber als schaligen Porphyr beschrieb, und seine Zusammensetzung aus abwechselnden dünnen Lagen von Feldspath und Quarz, die oft so fein sind, »dass man ihn Papierporphyr nennen könnte« sehr richtig erkannte. Geol. Beschr. des Thür. Waldes, II, S. 159 f.

**) Sie sind schon früher von Heim und v. Hoff, dann von Leopold v. Buch (in Leonhard's Min. Taschenb. 1824, S. 454 f.) und neuerdings von Credner (Uebersicht der geogn. Verh. Thüringens, S. 63) beschrieben worden, und stehen in genauem Zusammenhange mit den dortigen sphärolithischen Porphyren.

sparsam auftritt; bisweilen erkennt man fast nichts, als Quarzkörner; gewöhnlich erscheinen aber ausser ihm noch Körner oder Krystalle wenigstens von einer Feldspathspecies, welche dann wohl stets Orthoklas sein dürften, und in verschiedener Grösse und Häufigkeit vorkommen. In den meisten Felsitporphyren sind aber neben den Quarzkörnern die Individuen von zweierlei Feldspathspecies, von Orthoklas und Oligoklas (oder Albit?) ausgebildet, welche sich gewöhnlich schon durch ihre Farbe, ihren Glanz und ihre Pelluciditат als verschiedene Species zu erkennen geben. Glimmer ist weniger häufig zu beobachten, und wird in vielen Felsitporphyren gänzlich vermisst. In den rothen glimmerhaltigen Thonsteinporphyren ist es eine ganz gewöhnliche Erscheinung, das jedes Glimmerblättchen von einer weissen Gesteinssphäre umgeben oder von einem weissen Saume eingefasst wird, als ob bei der Bildung des Glimmers alles Eisenoxyd aus seiner nächsten Umgebung absorbirt worden wäre.

Was das Quantitäts-Verhältniss der Grundmasse zu den Einsprenglingen betrifft, so ist solches äusserst verschieden. In manchen Porphyren waltet die Grundmasse sehr vor, so dass nur ganz sporadische Quarz- und Feldspathkörner oder Glimmerschüppchen zu erkennen sind; in anderen Porphyren gewinnen die krystallinischen Einsprenglinge dermaassen das Uebergewicht, dass die dichte Grundmasse nur stellenweise zwischen ihnen sichtbar wird, und das ganze Gestein eine krystallinisch-körnige fast granitähnliche Beschaffenheit gewinnt. Zwischen diesen beiden Extremen kommen alle möglichen Verhältnisse vor.

Von accessorischen Bestandtheilen sind in den Felsitporphyren nur wenige bekannt; Pinit ist ein in manchen Gegenden recht verbreiteter Gemengtheil; Hornblende, erscheint selten, denn dass sie in den grün gefärbten Porphyren das Pigment bilde, ist wohl gänzlich ungegründet; Chlorit, Pistazit, Granat und Pinguit oder ein ähnliches Mineral sind hier und da beobachtet worden; Kalkspath in Körnern, nicht häufig; Eisenkies, nicht selten, besonders in der Nähe von Erzgängen; Magneteisenerz, zumal in den dunkelgrün gefärbten Varietäten; Eisenglanz, bisweilen in kleinen Blättchen, häufiger als Eisenrahm in den Poren und Cavitäten des Gesteins.

Von accessorischen Bestandmassen sind besonders Mandeln von Kalkspath oder Quarz und von anderen Varietäten der letzteren Species, so wie Nester, Trümer und Adern von Quarz, Amethyst, Chalcedon, Achat, Hornstein und Jaspis zu erwähnen, welche letztere in manchen Gegenden als ziemlich häufige Vorkommnisse zu betrachten sind. Auch Steinmark, Opal, Pinguit, Flussspath, Baryt, Eisenglanz, Manganerze und dichter, verschiedentlich gefärbter Felsit sind hier und da auf ähnliche Weise beobachtet worden. Die Gesteinsklüfte erscheinen bisweilen durch Eisenoxyd roth, durch ein pinguit- oder grünerdeähnliches Mineral grün, durch Eisenoxydhydrat braun oder gelb gefärbt, und durch Manganhyperoxyd mit sehr schönen und zierlichen Dendriten geschmückt.

Von fremdartigen Einschlüssen kommen scharfkantige Fragmente oder auch abgerundete Geschiebe anderer Gesteine sehr häufig vor; die ersteren von allen Grössen, und bisweilen in solcher Menge, dass sie förmliche Breccien bilden. Auch umschliesst oft eine Porphyrart Fragmente einer

anderen Art. Dagegen sind organische Ueberreste oder Formen, mit Ausnahme einiger zweifelhaften Fälle, bis jetzt noch in keinem Porphyr gefunden worden.

Die Felsitporphyre sind in der Regel massige Gesteine, und lassen nur in seltenen Fällen, zumal wenn sie mit Parallelstructur versehen sind, eine Art von Schichtung erkennen. Plattenförmige Absonderung ist eine sehr häufige Erscheinung und kann, wenn sie in sehr grossem Maasse oder sehr regelmässig nach derselben Richtung hin ausgebildet ist, leicht mit Schichtung verwechselt werden. Auch säulenförmige Absonderung ist nicht so gar selten, und zuweilen sehr schön und regelmässig zu beobachten; dabei werden die Säulen nicht selten rechtwinkelig oder schräg von der oben erwähnten gestreiften oder schiefrigen Structur durchsetzt*). Am seltensten sind kuglige Gesteinsformen, wogegen die unregelmässig polyedrische Absonderung zu den allergewöhnlichsten Erscheinungen gehört, in Folge welcher der Fuss und die Abhänge mancher Porphyrberge mit grossen Trümmerhaufen von scharfkantigen Absonderungsstücken überschüttet sind.

Uebergänge zeigt der Felsitporphyr in reinen Felsit, indem die krystallinischen Einsprenglinge gänzlich zurücktreten, in Granit, indem sich die feinkörnige Grundmasse immer grobkörniger entwickelt, in Pechsteinporphyr, durch allmälige Verdichtung und endliche hyalinische Ausbildung der Grundmasse, in Breccien, psephitische und psammitische Gesteine, durch Aufnahme von Fragmenten, oder durch fragmentare Ausbildung seiner eigenen Masse, endlich in schiefrige Gesteine, indem er an seiner Gränze selbst eine schiefrige oder flasrige Structur entwickelt.

Zum Schlusse dieser Betrachtung der Felsitporphyre haben wir noch einer sehr wichtigen Erscheinung zu gedenken, auf welche in neuerer Zeit besonders v. Dechen die Aufmerksamkeit gelenkt hat**). Es ist diess das Vorkommen von Porphyren, welche nicht nur eine schiefrige Structur besitzen, sondern auch in schichtenähnlichen Parallelmassen innerhalb des Schiefergebirges auftreten, durch welches letztere Verhältniss sie sich wesentlich von den oben erwähnten gestreiften und schiefrigen Porphyren unterscheiden. Man könnte sie als flasrige Felsitporphyre aufführen, weil ihre Structur gewöhnlich mehr flasrig als schiefrig zu sein scheint, obwohl solche mit sehr verschiedenen Graden der Deutlichkeit ausgebildet ist.

Zu diesen Porphyren rechnet man die zuerst von Coquebert-Montbret und v. Raumer als Granit, später von Omalius d'Halloy richtiger als porphyrartiger Dachschiefer (*Ardoise porphyroide*) beschriebenen Gesteine von Deville und Monthermé in den Ardennen***). Es sind theils kieselschiefer-

*) Einige Beispiele von säulenförmiger, plattenförmiger und kuglicher Absonderung sind oben S. 522, 523 und 475 angeführt worden.

**) In seiner trefflichen Abhandlung: Die Feldspathporphyre in den Lennegegenden, im Archiv für Min. u. s. w. Bd. 19, S. 367 ff.

***) *Journal des mines*, *Nr.* 94, *p.* 310; v. Raumer und v. Engelhardt, Geognostische Versuche, 1815, S. 49; *Omalius*, im *Journ. des Mines, Nr.* 169, *p.* 55, und *Elemens de géol.*, 2. *ed. p.* 463. Auch v. Dechen gab eine sehr gute Beschreibung in Nöggerath's Gebirge von Rheinland-Westphalen, III, S. 194.

theils thonschieferähnliche graue Gesteine, mit abgerundeten Quarzkörnern und mit Feldspathkrystallen, welche letztere gewöhnlich nicht über 1 Centimeter gross sind. Man pflegt dieselben als metamorphosirte Thonschieferschichten und als entscheidende Beweise für die Richtigkeit der Lehre vom Metamorphismus zu betrachten *).

Wichtiger wegen ihrer grossen Verbreitung sind die durch v. Dechen genauer bekannt gewordenen Porphyre der Lenne-Gegenden in Westphalen. Sie erscheinen theils als quarzfreie und nur Feldspath haltende Porphyre (in dem 4 Meilen Zuge zwischen Olpe und Schmalenberg), theils als Quarz und Feldspath führende Porphyre (zwischen Brachthausen und Oberhundem), theils als feldspathfreie und nur Quarz haltende Porphyre (zwischen Benolpe und Hofolpe), und sind sämmtlich durch eine mehr oder weniger deutliche flasrige und schiefrige Structur, sowie grossentheils durch den häufigen Gehalt von parallelen Thonschieferflasern ausgezeichnet. Zwar ist v. Dechen geneigt, auch diese Porphyre für metamorphische Bildungen zu halten; er hebt aber selbst die Schwierigkeiten hervor, welche sich einer solchen Deutung entgegenstellen.

Aehnliche schiefrige und flasrige Porphyre hat neulich Credner aus dem Schiefergebirge des Schwarzathales beschrieben, wo sie meist an der Gränze des massigen Porphyrs gegen den Thonschiefer auftreten, und einen Uebergang zwischen beiden Gesteinen vermitteln **).

5) **Pechsteinporphyr**; (Retinit, Stigmit.) Die Pechsteinporphyre und die Pechsteine überhaupt stehen in so nahen Beziehungen zu den Felsitporphyren, und sind namentlich mit gewissen Thonsteinporphyren durch petrographische Uebergänge so innig verknüpft, dass wir die Beschreibung dieser hyalinen Gesteine hier einschalten zu müssen glauben.

Der Pechstein kommt selten ganz rein, gewöhnlich mit mancherlei Einsprenglingen versehen, als Pechsteinporphyr vor. Seine herrschenden Farben sind lauchgrün, olivengrün und schwärzlichgrün; doch kommen auch gelbe, rothe, braune und schwarze Farben vor; er ist meist einfarbig, nur selten mit gefleckten, gestreiften und gewolkten Farbenzeichnungen versehen; besonders charakteristisch sind der unvollkommen muschlige Bruch, der ausgezeichnete Fettglanz, die Pellucidität der Kanten, die geringe Härte, welche kaum die des Orthoklases erreicht, das geringe specifische Gewicht von 2,2 bis 2,4, und der von 5 bis 9 p. C. betragende Wassergehalt. Der Pechstein ist ein natürliches wasserhaltiges Glas, welches die in der Grundmasse der Felsitporphyre bereits krystallinisch gesonderten Bestandtheile, nämlich Quarz und Feldspath, noch im Zustande eines geschmolzenen Magma enthält, in welchem die Kieselerde sehr vorzuwalten pflegt. Vor dem Löthrohre schmilzt er in dünnen Splittern leicht und ohne aufzuschäumen zu einem

*) Auch Elie de Beaumont glaubt, die Natur dieser porphyrartigen Gesteine werde wohl nur durch die sinnreiche und flexible Theorie des Metamorphismus zu erklären sein. *Explic. de la carte géol. I, p.* 260. Buckland, Prévost u. A. bezweifeln jedoch die porphyrische Natur derselben. *Bull. de la soc. géol., t.* 6, *p.* 342.

**) Neues Jahrbuch für Min. 1849, S. 13 f.

weissen blasigen Glase. Merkwürdig ist, nächst seinem Wassergehalte, der von Knox und Ficinus in einigen Varietäten nachgewiesene Gehalt von bituminösen Stoffen.

Das Gestein ist meist als Pechsteinporphyr ausgebildet, indem die glasige Grundmasse krystallinische Körner von Feldspath, Quarz oder auch Glimmerschuppen umschliesst, welche bald sporadisch, bald ziemlich häufig auftreten. Von accessorischen Bestandmassen sind besonders nuss- bis faustgrosse Kugeln eines braunen, rothen oder grauen sehr harten Felsites zu erwähnen, welche, wenn sie grösser werden, bisweilen eine porphyrartige Beschaffenheit zeigen, und in der Mitte eine auffallend eckig gestaltete Concretion von Chalcedon und Quarz umschliessen, wie diess mit den bekannten Felsitkugeln aus dem Pechsteine von Neudörfel bei Zwickau der Fall ist. Auch Nester, Trümer und Adern von Chalcedon oder Hornstein kommen hier und da vor. Als fremdartige Einschlüsse sind nicht selten Fragmente und Brocken anderer Gesteine zu beobachten; der erwähnte Zwickauer Pechstein hält auch bisweilen verkohlte Ueberreste von Pflanzen.

Der Pechstein und Pechsteinporphyr sind massige Gesteine, welche wohl bisweilen eine Absonderung in mächtige Bänke, aber wohl keine eigentliche Schichtung zeigen. Selten kommt eine säulenförmige Absonderung vor, wie z. B. sehr ausgezeichnet an dem schwarzen Pechsteine des *Scuir of Egg* auf der Insel Egg, einer der Hebriden*). Manche Pechsteine zeigen eine, gewöhnlich erst durch die Verwitterung deutlicher hervortretende Anlage zu sphäroidischer, cylindrischer oder auch regellos undulirter schaliger Structur, und eine derselben entsprechende Exfoliation.

Uebergänge zeigt der Pechstein zuweilen in Perlit und Obsidian; häufiger in Felsit, besonders in lichtgrüne bis grünlichweisse harte Thonsteinporphyre, welche in manchen Gegenden (wie z. B. in dem Porphyrdistricte von Meissen) mit den Pechsteinen so eng verbunden sind, dass sie kaum von ihnen getrennt werden können.

§. 184. *Familie des Trachytes.*

In wenigen Gesteinsfamilien begegnen wir einer so grossen Manchfaltigkeit des Habitus und der Zusammensetzung, als in der Familie des Trachytes; weshalb die Darstellung derselben mit ganz besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Als die Repräsentanten dieser Familie betrachten wir diejenigen Gesteine, welche Dolomieu unter dem Namen

*) *Macculloch*, *Descr. of the Western Islands*, *I*, *p.* 520; Oeynhausen und v. Dechen, in Karsten's Archiv, Bd. I, S. 50. Indessen ist dieser Pechstein weniger glänzend und schwerer zersprengbar als gewöhnlich, erinnert überhaupt an Basalt, und erscheint nach Necker de Saussure unter der Loupe sogar feinkörnig zusammengesetzt. *Voyage en Ecosse et aux iles Hebrides*, *II*, *p.* 455. Sehr ähnlich ist das, bisher gleichfalls für Pechstein gehaltene Gestein vom Weisselberge bei Oberkirchen in der Pfalz.

laves granitoides und *porphyroides* aufführte, während sie Leopold v. Buch als Trapp-Porphyr, und Hauy, wegen ihrer oft rauhen und porösen Beschaffenheit, als Trachyt fixirte, welcher letztere Name ganz allgemeine Aufnahme gefunden hat.

Ausser diesen eigentlichen Trachyten gehören nun aber zu dieser Familie mancherlei andere, meist porphyrähnliche Gesteine, für welche es ganz unmöglich ist, ein allgemeines und durchgreifendes Merkmal ausfindig zu machen; dazu gesellen sich noch ein paar hyaline Gesteine, deren nahe Verwandtschaft und innige Verknüpfung mit den Trachyten es rathsam erscheinen lässt, sie gleichfalls mit in diese Familie aufzunehmen, so dass überhaupt folgende Gesteine in ihren Kreis zu ziehen sind: Perlit, Obsidian (und Bimsstein), Trachytporphyr, Trachyt, Phonolith, Andesit und Trachydolerit; welche Gesteine zum Theil eine grosse Anzahl von Varietäten begreifen, unter denen manche, wie z. B. der Mühlsteinporphyr von Beudant, und der Domit von Leopold v. Buch als besondere Gesteinsarten hervorgehoben worden sind.

Wenn aber auch zu dieser Familie einstweilen noch mancherlei sehr verschiedentlich zusammengesetzte Gesteine gerechnet werden, so erscheint doch die umfänglichste und wichtigste Gruppe derselben durch ein Merkmal charakterisirt, dessen Bedeutung schon Nose und Leopold v. Buch erkannten, während es später durch Abich auch von chemischer Seite her gewürdigt worden ist. Es ist diess die Anwesenheit des sogenannten glasigen Feldspathes, für welchen wir uns des von Nose vorgeschlagenen Namens Sanidin bedienen werden.

Dieser Sanidin dürfte zwar eigentlich kaum als eine selbständige Feldspath-Species, sondern nur als eine besondere Varietätengruppe des Orthoklases zu betrachten sein; allein der sehr lebhafte Glasglanz, die meist graulichweisse bis lichtgraue Farbe, die starke Pelluciditäl, das rissige und zersprungene Ansehen und die höchst vollkommene Spaltbarkeit ihrer Krystalle, so wie die beständige Anwesenheit von 3—4 Procent Natron neben dem Kali*), endlich ihr fast ausschliessliches Vorkommen in den Gesteinen der Trachytfamilie verleihen dieser Varie-

*) Diese gleichzeitige Anwesenheit von Kali und Natron, welche schon durch Berthier's Analysen dargethan wurde, ist von Abich noch allgemeiner nachgewiesen und als die wesentliche chemische Eigenthümlichkeit des Sanidins hervorgehoben worden. Poggend. Ann. Bd. 50, 1840, S. 125 ff. Seitdem aber von Abich selbst, von Awdejeff und Moss gezeigt worden ist, dass auch der gewöhnliche Orthoklas neben dem Kali etwas Natron enthält, dürfte der Natrongehalt wenigstens keine specifische Trennung des Sanidins vom Orthoklase begründen.

tätengruppe etwas so Eigenthümliches, dass sie recht wohl unter einem besonderen Namen aufgeführt zu werden verdient. Es ist aber der Sanidin ein so charakteristischer Gemengtheil der eigentlichen Trachyte, dass auch Abich seine Anwesenheit als eine nothwendige Bedingung für die Anerkennung dieser Gesteine betrachtet*). Seine bald kleinen, bald bis zollgrossen und noch grösseren Krystalle erscheinen als deutliche Einsprenglinge nicht nur in den Trachyten, sondern auch in den Trachytporphyren und Phonolithen, und sind durch ihre physischen Eigenschaften hinreichend charakterisirt, um mit anderen Varietäten des Orthoklases nicht leicht verwechselt werden zu können.

Aus den weiteren Untersuchungen Abich's, welchem wir überhaupt die genauere Kenntniss sehr vieler Gesteine der Trachytfamilie verdanken, ergiebt sich nun, dass die theils körnige, theils dichte Grundmasse der eigentlichen Trachyte sehr reich an Albit ist, welcher sich in den körnig zusammengesetzten Varietäten schon an dem Perlmutterglanze seiner Spaltungsflächen zu erkennen giebt, und durch einen bedeutenden Gehalt von Kali neben dem Natron auszeichnet, weshalb ihn Abich Kali-Albit nannte**). Auch fand er, dass diese Grundmasse aus zweierlei verschiedenen Antheilen, nämlich aus einem kleineren, in Salzsäure auflöslichen, und aus einem grösseren, in Säure unauflöslichen Antheile zusammengesetzt ist, welcher letztere durch die Analyse hauptsächlich als Kali-Albit bestimmt wurde. Diese Zusammensetzung der Trachytgrundmasse aus auflöslichen und unauflöschen Bestandtheilen war übrigens schon früher von Desgenevez erkannt worden***).

Die Trachytporphyre würden, so weit Abich's Untersuchungen reichen, wesentlich als innige Gemenge von Sanidin, von Albit (oder Orthoklas?) und von freier Kieselerde zu betrachten sein, welche letztere zu 25 bis 30 p. C. vorhanden ist, und das häufige Vorkommen von krystallinischen Quarzkörnern in diesen Porphyren erklärt.

Der Perlit verhält sich zu den Trachytporphyren völlig so, wie der Pechstein zu den Felsitporphyren; man kann ihn mit allem Rechte

*) Abich, a. a. O. S. 144. Leopold v. Buch schrieb schon 1813: „Feldspath von diesen Kennzeichen liegt in anderen Porphyren nicht; nach diesem glasigen Feldspathe sollte die ganze Gebirgsart benannt sein.“ Abhandlungen der K. Akad. der Wissensch. zu Berlin aus den Jahren 1812 und 1813, S. 133.

**) Poggend. Ann. Bd. 50, S. 341 f. und in dem Werke: Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulcanischen Bildungen, 1841, S. 28 f.

***) *Mém. de la soc. géol. de France, vol. I*, 1834, *p.* 193.

den Pechstein der Trachytfamilie nennen. Er hält 2 bis 4 p. C. Wasser, hat ausserdem eine mit der Grundmasse der Trachytporphyre sehr nahe übereinstimmende Zusammensetzung, und lässt sich daher als das im glasartigen Zustande erstarrte Magma solcher Porphyre betrachten.

Auch der Obsidian und der Bimsstein sind natürliche Gläser, welche wesentlich aus Feldspathsubstanz und überschüssiger Kieselerde bestehen. Von dem Feldspathe des Obsidians vermuthet Abich, dass er in manchen Fällen Sanidin sei, während er ihn in drei Varietäten aus Transkaukasien als Kali-Albit bestimmte, welcher mit 34 bis 35 p. C. freier Kieselerde zusammengeschmolzen ist*).

Der Phonolith ist mehrfach untersucht worden, seitdem von C. Gmelin zuerst die rationelle Methode seiner chemischen Analyse aufgefunden und angewendet worden war**), daher er denn auch zu den am genauesten bekannten Gesteinen der Trachytfamilie gehört. Die Analysen von Gmelin, Meyer, Redtenbacher und Prettner haben gelehrt, dass die kryptomere, und daher scheinbar einfache Grundmasse der Phonolithe ein sehr inniges Gemeng von einem, in Säuren auflöslichen zeolithartigen Minerale, mit einem, in Säuren unauflöslichen feldspathartigen Minerale ist. Der zeolithartige Gemengtheil ist Mesotyp oder ein ähnliches Mineral, und von 15 bis zu 55 p. C. nachgewiesen worden, weshalb auch der Wassergehalt der Phonolithe $^2/_3$ bis 4 p. C. beträgt; der feldspathige Gemengtheil hat eine Zusammensetzung, welche entweder mit der des Sanidins, oder mit jener eines Gemenges aus Sanidin und Albit übereinstimmt, was auf die nahe Verwandtschaft der Phonolithe mit den Trachyten verweist***).

*) Ueber die Natur des Armenischen Hochlandes, 1843, S. 40 f.

**) Dass der Phonolith, mit Salpetersäure behandelt, eine, durch Bildung von Kieselgallert angezeigte partielle Zersetzung erleidet, hat Fleuriau de Bellevue bereits im Jahre 1805 nachgewiesen; (*Journal de physique, t.* 60, *an* 13, *p.* 426 f.) Er untersuchte 15 verschiedene Varietäten, darunter auch die von Hohentwiel, vom Hohenkrähen, und vom Teplitzer Schlossberge. S. 437 fügte er noch die Bemerkung hinzu, der Mesotyp sei so häufig in den Phonolithen vom Hohentwiel und Hohenkrähen, und so innig mit ihrer Masse verschmolzen, dass er ihn als einen integrirenden Bestandtheil des ganzen Gesteins betrachten müsse. Demnach hat wohl eigentlich Fleuriau zuerst die richtige Ansicht über die Natur der Phonolithe aufgestellt.

***) Die Analysen von Gmelin, Meyer und Redtenbacher finden sich zusammengestellt in Rammelsberg's Handwörterbuch, Artikel Phonolith; die Analyse von Prettner steht im zweiten Supplemente dazu, und in Poggend. Ann. Bd. 62, 1844, S. 151.

Die Andesite, welche in den hohen vulcanischen Bergen Südamerikas, des Kaukasus und Transkaukasiens eine sehr wichtige Rolle spielen, weichen in ihrer Zusammensetzung sowohl von den eigentlichen Trachyten als auch unter einander selbst ziemlich auffallend ab, da sie nur selten Sanidin enthalten, gewöhnlich aber theils aus Albit, theils aus Oligoklas, etwas Hornblende, freier Kieselerde und ein wenig Magneteisenerz bestehen.

Die Trachydolerite endlich, deren Vorkommen am Pic von Teneriffa, am Aetna und an einigen anderen Vulcanen bekannt ist, sind höchst wahrscheinlich Gemenge von Oligoklas, etwas Hornblende oder Augit, und wenig Magneteisenerz, jedoch ohne freie Kieselsäure, daher sie in ihrer Zusammensetzung zwischen den Trachyten und Doleriten stehen, wie diess auch der von Abich vorgeschlagene Name ausdrückt*).

Während die Trachytporphyre ganz gewöhnlich und oft sehr viele krystallinische Quarzkörner umschliessen, die Perlite, Obsidiane und Andesite aber wenigstens in ihrer Grundmasse viele freie Kieselerde enthalten, so sind dagegen die eigentlichen Trachyte, die Phonolithe und die Trachydolerite in der Regel als ganz quarzfreie Gesteine ausgebildet; daher ist denn auch im Trachyte nur hier und da ausnahmsweise etwas Quarz als wirklicher Gemengtheil beobachtet worden. Die Abwesenheit des Quarzes, sagt Leopold v. Buch, möchte man als charakteristisch für den Trachyt ansehen, weil man ganze Berge durchsuchen kann, ohne nur ein einziges Quarzkorn zu finden**).

Nach dieser kurzen Uebersicht ihrer substantiellen oder hylologischen Verhältnisse wenden wir uns nun zu der petrographischen Beschreibung der wichtigsten Gesteine der Trachytfamilie.

1) **Perlit**; (Perlstein und Perlsteinporphyr). Die Perlite sind Gesteine von glasartigem, oder richtiger, von emailartigem Ansehen, welche in ihren ausgezeichnetsten Varietäten jene rundkörnige und zugleich krummschalige Zusammensetzung zeigen, die aus den Lehrbüchern der Mineralogie hinreichend bekannt ist. Diese Varietäten gehen jedoch häufig in andere Varietäten über, an welchen zugleich mit jener Structur auch der emailartige Habitus verschwindet, und eine mehr pechsteinähnliche oder selbst thonsteinähnliche Beschaffenheit hervortritt. Während die glasigen Varietäten bei dem Schmelzen aufschäumen und leuchten, so schmelzen die übrigen

*) Abich: Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulcan. Bildungen, S. 100 f. Auch Deville erkannte den Oligoklas in dem Gesteine des Pic von Teneriffa. *Comptes rendus*, *t.* 19, *p.* 46.

**) A. a. O. S. 134. Dagegen ist der Quarz auf Klüften und Drusenräumen keine so ganz seltene Erscheinung.

Varietäten immer ruhiger, je mehr sie sich von dem glasartigen Habitus entfernen. Beudant, welchem wir bei der Beschreibung dieser Gesteine wesentlich folgen, unterscheidet folgende Varietätengruppen *):

a) Körnigschaliger Perlit, (*Perlite testacé*); besteht aus runden, meist etwas gedrückten und schalig zusammengesetzten, erbsengrossen oder kleineren, selten bis nussgrossen Körnern, ist ausgezeichnet emailartig, verschiedentlich grau, lavendelblau, bräunlichroth und bräunlichgelb, selten schwärzlichgrau gefärbt, und hält nur selten Glimmerschuppen oder Sanidinkörner als accessorische Gemengtheile; auch sind bisweilen kleine gelbliche Quarzpyramiden beobachtet worden **). Nicht selten zeigt diese Varietät eine deutliche Parallelstructur, welche durch eine lagenweise Abwechslung in der Grösse der Körner oder in der Färbung des Gesteins hervorgebracht wird. Von accessorischen Bestandmassen sind Nester und Trümer von Hornstein, Jaspis und Opal zu erwähnen, welcher letztere bei Telkebanya in Ungarn und bei Zimapan in Mexico als Feueropal vorkommt. An der Marekanka, östlich von Ochozk, enthalten die grösseren Perlitkörner die unter dem Namen Marekanit bekannten durchsichtigen Obsidiankugeln ***).

b) Sphärolithischer Perlit; emailartige, aber nicht rundkörnig zusammengesetzte, bisweilen auch steinartige, meist grau gefärbte Grundmasse, in welcher viele kleine, wachsgelbe bis nussbraune, dichte oder radialfasrige, selten hohle Sphärolithkugeln eingewachsen sind; diese Kugeln liegen meist ohne alle Ordnung in der Grundmasse, bisweilen aber sind sie in parallele Flächen versammelt, in welchem Falle das Gestein aus abwechselnden dünnen Lagen mit und ohne Kugeln besteht. Wenn die Kugeln immer häufiger werden, so verdrängen sie endlich die Grundmasse, und dann entsteht diejenige Varietät, welche Beudant als *Perlite lithoide globulaire* aufführt; sie besteht fast nur aus grauen oder rothen, dichten oder radialfasrigen Sphärolithkugeln, welche nur wenig zusammenhängen, oder auch in einer steinartigen Grundmasse fest eingewachsen sind. Pettko nennt diese Varietät richtiger Sphärolithfels †).

c) Perlitporphyr (*Perlite porphyrique*); die emailartige Grundmasse ist nur noch eckig-körnig abgesondert, perlgrau bis schwärzlichgrau, und umschliesst viele, stark glänzende schwarze Glimmerblätter und Sanidinkörner.

d) Pechsteinartiger Perlit (*Perlite rétinitique*); die Grundmasse ist glasig, fettglänzend, unvollkommen muschlig, ganz pechsteinähnlich, umschliesst viele schwarze Glimmerkrystalle und Sanidinkörner; zuweilen wird

*) *Voyage min. et géol. en Hongrie, III*, p. 363 f. Abich rühmt Beudants Schilderung der Trachytformation als vortrefflich, und nennt sie ein wahres Muster mineralogisch-geognostischer Darstellung.

**) Schon Esmark beschrieb diese Körner im Perlit von Tokai, ohne sie zu benennen; Beudant erkannte sie nach ihren krystallographischen und chemischen Eigenschaften für Quarz.

***) Erman, Archiv für die wissensch. Kunde Russlands, III, S. 175.

†) Naturwissenschaftl. Abhandl. herausgegeben von Haidinger, Bd. I, 1847, S. 298.

sie thonsteinartig, matt und grünlichweiss; auch wechseln bisweilen mehre Zoll starke bis äusserst dünne Lagen von beiderlei Beschaffenheit mit einander ab. Von accessorischen Bestandmassen sind Chalcedongeoden und Opalnester zu erwähnen. In der Nähe von Ofen ist diese Varietät reich an rothen Granaten, welche auch von Lipari und vom Cabo de Gates in Spanien aus ähnlichen Gesteinen bekannt sind.

e) Thonsteinartiger Perlit (*Perlite lithoide compacte*); Steinartige, graue oder röthliche Masse, von erdigem Bruche, fast wie gebrannter Schieferthon, theils mit Feldspathkörnern, theils ohne dieselben; bisweilen zellig, die Zellen regellos gestaltet, oder lang gestreckt. Oft wechselt diese Varietät mit schwarzem glasigem Perlit in dünnen Lagen ab, welche bisweilen kaum ½ Millimeter dick sind, und eine ausgezeichnete Plattung und schiefrige Structur hervorbringen; doch sind diese Lagen selten ebenflächig, meist gekräuselt, undulirt oder scharf zickzackförmig gewunden*). Unter der Loupe erkennt man, dass sie aus lauter mikroskopischen Kugeln bestehen.

f) Perlitbimsstein (*Perlite ponceux*); sehr feinfasrig, voll langgestreckter Poren und Blasenräume, hält schwarze Glimmerschuppen, auch Feldspathkörner und bisweilen Quarzkrystalle. Dieser Perlitbimsstein bildet sich allmälig aus dem Perlite heraus, und seine weissen oder grauen, seideglänzenden fasrigen Massen wechseln oft lagenweise mit gewöhnlichem Perlite ab, was selbst in Handstücken zu beobachten ist.

Alle diese Perlitgesteine gehen in einander über, und kommen auch mehr oder weniger in einer und derselben Ablagerung zugleich vor, weshalb sie nicht getrennt werden können; am häufigsten sind die Varietäten mit glasiger Grundmasse. Sehr beachtenswerth ist die Parallelstructur und die eigenthümliche Art von Schichtung, welche durch die lagenweise Abwechslung verschiedener Varietäten, durch die Farbenstreifung und die Vertheilung der Sphärolithkugeln hervorgebracht wird; sie ist bald ebenflächig, bald ausserordentlich gewunden, und oft mit plattenförmiger Absonderung oder doch mit Spaltbarkeit verbunden.

Die Perlite sind keine sehr häufig vorkommenden Gesteine; in Europa ist ihr Vorkommen besonders wichtig in Ungarn, wo sie sich in der Gegend von Tokai über einen Raum von mehr als 12 Quadratmeilen verbreiten.

2) **Obsidian.** Ein vollkommen glasartiges Gestein, von ausgezeichnet muschligem Bruche, sehr scharfkantigen Bruchstücken, stark glasglänzend, halbdurchsichtig bis kantendurchscheinend, gewöhnlich schwarz, auch braun, grau und grün, selten gelb, blau oder roth, zuweilen mit gestreifter, geflammter oder gefleckter Farbenzeichnung; specifisches Gewicht = 2,37—2,53; hält 70 bis 80 p. C. Kieselerde, und schmilzt vor dem Löthrohre schwierig zu blasigem Glase. Merkwürdig ist der von Knox nachgewiesene Gehalt von Bitumen oder Bergöl, welcher sich nach Escolar in manchen Obsi-

*) Aehnlich ist die Structur der, wie Bandachat fein gestreiften, mit Obsidian verbundenen Gesteine, welche Darwin auf der Insel Ascension sah. Sie bestehen entweder aus einer dichten Masse, oder aus feinkörnigem Feldspath, oder aus mikroskopisch kleinen Quarz- und Augit-Krystallen. *Geol. obs. on the volc. islands.* 1844, *p.* 54 f.

dianen von Teneriffa bei dem Zerschlagen des Gesteins schon durch den Geruch zu erkennen geben soll*).

Man kann besonders folgende Varietäten unterscheiden:

a) Reiner Obsidian. Das Gestein zeigt keine Einschlüsse, ist compact oder mit Blasenräumen versehen, welche meist stark in die Länge gezogen und parallel geordnet sind; dadurch und durch den häufigen Wechsel von blasenreichen und blasenfreien Lagen wird oft eine sehr ausgezeichnete plane und zugleich lineare Parallelstructur hervorgebracht, welche auch zuweilen mit einer plattenförmigen Absonderung verbunden ist, deren Absonderungsflächen striemig und gefurcht sind; die grösseren Blasenräume umschliessen häufig Fragmente von Trachyt, Lava und anderen vulcanischen Gesteinen.

b) Porphyrartiger Obsidian oder Obsidianporphyr; Obsidian, welcher weisse, meist unvollkommen ausgebildete und oft wie halb zerschmolzene Krystalle und krystallinische Körner von Sanidin umschliesst; Glimmerkrystalle sind sehr selten, und Quarzkörner scheinen noch gar nicht beobachtet worden zu sein.

c) Sphärolithischer Obsidian; enthält graulichweisse, grünliche oder gelbliche, oft radialfasrige Sphärolithkugeln, welche theils regellos eingestreut, theils in parallelen Zonen vertheilt, aber gewöhnlich von der umgebenden Gesteinsmasse nicht so scharf abgesondert sind, wie die Sphärolithkugeln des Perlites. Auch sie bedingen oft eine sehr vollkommene plane Parallelstructur des Gesteins**).

Die Obsidiane zeigen Uebergänge in Perlit, Pechstein, Bimsstein, so wie in steinartige Laven, indem die Obsidianströme nur nach oben aus wirklichem Obsidian bestehen, in der Tiefe aber ihre glasige Natur verlieren und sich in dichte oder porphyrartige Lava verwandeln. Sie finden sich nur in vulcanischen Gegenden, so z. B. am Pic von Teneriffa, auf den Liparischen Inseln, auf Island, in Mexico auf dem Cerro de las Navajas, auf der Insel Ascension und in Transkaukasien.

3) **Bimsstein,** (Pumit). Die Bimssteine sind glasige, aber durch zahlreiche Blasenräume höchst porose, schwammig und schaumig aufgeblähte Gesteine, welche daher scheinbar ein sehr geringes specifisches Gewicht besitzen, indem das Volumen der Blasenräume sehr häufig das Volumen der eigentlichen Gesteinsmasse bedeutend übertrifft. Während aber die scheinbare Dichtigkeit derselben geringer ist, als die des Wassers, so bestimmte Abich an neun verschiedenen Varietäten das wahre spec. Gewicht = 1,9829 bis 2,5714. Abich unterscheidet übrigens die beiden Varietäten des schaumigen, rundblasigen, und des fasrigen, langblasigen Bimssteins, während Beudant nach dem Vorgange Hauy's dreierlei Hauptvarietäten des Bimssteins annehmen zu müssen glaubte, je nachdem solche von Obsidian, Perlit oder Trachyt abstammen.

*) Leopold v. Buch, Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 225.

**) Noch ist des haarförmigen Obsidians zu gedenken, welcher in haarfeinen Fäden oder dünnen Nadeln von einigen Vulcanen, z. B. vom Kirauea auf Hawai und von denen der Insel Bourbon in ziemlicher Menge ausgeworfen worden ist.

Der Bimsstein ist nämlich nicht sowohl als eine bestimmte Gesteinsart, sondern nur als eine besondere Ausbildungsform mehrer anderer, zumal hyaliner Gesteine der Trachytfamilie zu betrachten*), welche durch Entwicklung von Gasen oder Dämpfen in einem schaumartig aufgeblähten Zustande erstarrt sind. Die ausgezeichnetsten Bimssteine haben sich aus dem Obsidiane entwickelt, welcher freilich selbst wiederum das glasartig erstarrte Magma verschiedener anderer Gesteine sein kann. Abich vermuthet, die fasrigen Varietäten möchten mehr von geschmolzenen quarzführenden Gesteinen, also von Trachytporphyren, die schaumigen Varietäten mehr von quarzfreien Gesteinen, also von Trachyt, Phonolith und Andesit abstammen. Fast alle Bimssteine enthalten (eben so wie die Obsidiane) Spuren von Wasser und Chlor, von denen das erstere chemisch gebunden, und daher nur durch Glühen zu entfernen ist. Beudant unterscheidet folgende drei Varietätengruppen des Bimssteins:

a) Obsidianbimsstein; vollkommen glasig und theils schaumartig, theils fasrig, weiss und grau, sehr rein, und nur äusserst selten mit accessorischen Gemengtheilen versehen; Island und Liparische Inseln.

b) Perlitbimsstein; wurde bereits oben S. 627 beschrieben, und findet sich besonders ausgezeichnet in Ungarn.

c) Trachytbimsstein; hat grobe, gewundene und durch einander geflochtene Fasern, ist im Bruche matt, weiss, grau bis schwarz, hält Pyroxen, Glimmer und Sanidin, zuweilen auch Quarz**), und ist wesentlich nur ein blasig aufgetriebener und fadig ausgezogener Trachyt; findet sich in sehr vielen Trachytregionen.

Die Bimssteine finden sich am häufigsten in der Form von losen Auswürflingen als Bomben, Fragmente, Lapilli und Sand, in welcher Form sie oft in unsaglicher Menge über grosse Räume verbreitet sind; auch bilden sie integrirende Theile von Obsidianströmen, Perlit- und Trachyt-Ablagerungen.

4) **Trachytporphyr.** Diese, in ihrer äusseren Erscheinung ausserordentlich schwankenden Gesteine zeigen meistentheils eine so grosse Aehnlichkeit mit gewissen Felsitporphyren, dass ihre Erkennung und Unterscheidung oft sehr schwierig und bisweilen geradezu unmöglich sein würde, wenn sie nicht durch ihre räumliche Association und ihre innige Verknüpfung mit wirklichen Trachyten und Perliten als eigenthümliche, von den Felsitporphyren verschiedene Bildungen charakterisirt wären. Sie unterscheiden sich von den Trachyten durch gänzlichen Mangel an Amphibol, Pyroxen und an eigentlichen schlackigen Bildungen, so wie durch häufige Anwesenheit von Quarz und Chalcedon, und lassen sich petrographisch in die zwei Gruppen der quarzführenden und der quarzfreien Trachytporphyre bringen, welche jedoch in der Natur nicht

*) *La ponce ne peut être regardée ni comme une substance minérale particulière, ni même comme une espèce distincte de roche. C'est un état celluleux et filamenteux, sous lequel plusieurs roches des terrains trachytiques et volcaniques sont susceptibles de se présenter. Beudant, Voyage min. et géol. en Hongrie, vol. III, p.* 389.

**) Beudant, a. a. O. S. 390.

scharf getrennt, sondern durch gegenseitige Uebergänge und räumliches Zusammenvorkommen mit einander auf das Innigste verbunden sind*).

A. Quarzführende Trachytporphyre. Glänzende oder matte felsitische Grundmasse, gewöhnlich reich an kleinen Sphärolithkugeln oder doch an ähnlichen sphäroidischen Concretionen, ausserdem mit mehr oder weniger häufigen Krystallen von Quarz, Sanidin und schwarzem Glimmer. Als wichtigste Varietäten dürften besonders folgende hervorzuheben sein.

a) Perlitähnliche Var.; mit emailartig glänzender, leicht schmelzbarer Grundmasse von röthlicher, graulicher oder gelblicher Farbe, mehr oder weniger erfüllt mit sehr kleinen gleichfarbigen, matten, undeutlich radialfasrigen Sphärolithkugeln, welche oft ganz allmälig in die Grundmasse verlaufen und nicht selten ein Quarzkörnchen oder ein Glimmerschüppchen im Mittelpuncte enthalten; auch finden sich wohl kleine Geoden und Nester von Chalcedon ein. Bisweilen werden die Kugeln so häufig, dass sie die Grundmasse fast gänzlich verdrängen, und das Gestein beinahe nur von ihnen, nebst einigen Sanidin- und Quarzkrystallen gebildet wird. Ungarn.

b) Porose Var.; mit matter, thonsteinähnlicher, licht röthlichgrauer bis aschgrauer, poroser oder zelliger Grundmasse, deren rauhwandige Zellen oder Blasenräume oft langgezogen und parallel gelagert sind; in der Grundmasse liegen scharf ausgebildete, aber oft sehr rissige Sanidinkrystalle, Quarzkörner und Glimmerschuppen. Ungarn.

c) Rundblasige Var.; die kaum erkennbare Grundmasse ist fast ganz erfüllt mit kleinen, dicht gedrängten runden Zellen oder Blasenräumen, welche mit einem weissen, durchscheinenden, unschmelzbaren, vielleicht chalcedonartigen Ueberzuge versehen sind; dazwischen treten grössere, unregelmässig gestaltete, mit derselben Substanz nierförmig überzogene Cavitäten, und sehr einzelne Krystalle von Sanidin und Quarz auf. Ungarn.

d) Cavernose Var.; (*Porphyre meulière*, oder Mühlsteinporphyr Beudant's). Ziegelrothe, röthlichgraue bis grünlichgelbe, matte, thonsteinähnliche, sehr zellige und cavernose Grundmasse, in welcher Quarzkrystalle, Orthoklas- oder auch Sanidinkrystalle und sparsame Glimmerschuppen eingewachsen sind. Die Zellen sind weit und regellos gestaltet, oder schmal und alle nach derselben Richtung in die Länge gestreckt, wodurch das Gestein oft eine plattenförmige Spaltbarkeit erhält. Von accessorischen Bestandmassen sind besonders zahlreiche Nester, Trümer und Adern von Hornstein und Jaspis, so wie Geoden von Quarz und Amethyst zu erwähnen. Unter der Loupe erkennt man in der Grundmasse kleine fasrige Sphärolithkugeln. Diese Mühlsteinporphyre der Trachytfamilie finden sich nicht nur in Ungarn, bei Schemnitz, Kremnitz, Tokai, Königsberg und Hlinik, wo ausserordentlich

*) *Beudant* sagt ausdrücklich (a. a. O. S. 345) von diesen beiden Varietätengruppen: *encore ces deux variétés ne sont-elles pas nettement séparées dans la nature, et se confondent-elles tellement, qu'il est impossible de déterminer, en quel point l'une commence et l'autre finit.* Es findet also ein ähnliches Verhältniss Statt, wie es auch bisweilen zwischen den quarzführenden und quarzfreien Felsitporphyren beobachtet wird. Vergl. S. 613.

viele Mühlsteine gebrochen werden, sondern auch auf den Griechischen Inseln Milo, Argentiera und Polino*).

c) Thonsteinähnliche Var.; Schneeweisse, gelblich-, röthlich- und graulichweisse bis licht röthlichgelbe und graue, cariose und vielfach zerklüftete, theils weiche und erdige, theils harte und dichte, vor dem Löthrohre sehr schwer schmelzbare Grundmasse, deren beide Varietäten gewöhnlich so vertheilt sind, dass die härtere Substanz Flecke, Nester und Adern innerhalb der weichern Substanz bildet, oder auch umgekehrt. In dieser Grundmasse, welche oft eine täuschende Aehnlichkeit mit cavernosem Süsswasserkalk oder mit Kreide besitzt, sind viele kleine glänzende Sanidinkrystalle und Quarzkörner, seltener auch Glimmerkrystalle eingesprengt**). Die Klüfte des Gesteins sind oft mit Quarzdrusen bedeckt, in welchen bisweilen mehre Zoll lange schöne Bergkrystalle vorkommen. Abich, welcher dieses Gestein analysirte, schliesst aus seiner Analyse, dass es aus 34,34 p. C. Orthoklas, 35,83 Sanidin, 28,4 freier Kieselerde und 1,33 Eisenoxydhydrat zusammengesetzt sei, indem der bedeutende Kaligehalt nicht auf Albit, sondern auf Orthoklas verweisst***). Es findet sich sehr ausgezeichnet auf der Insel Ponza und der kleinen anliegenden Insel Zannone.

B. Quarzfreie Trachytporphyre. Glänzende oder matte felsitische Grundmasse, in welcher nur sehr selten Sphärolithkugeln, niemals aber Quarzkörner, sondern lediglich Krystalle oder Körner von Feldspath und von Glimmer engesprengt sind. Es lassen sich besonders folgende Varietäten unterscheiden.

a) Perlitähnliche Var.; emailartige, fettglänzende, vor dem Löthrohre leicht schmelzbare Grundmasse von verschiedenen rothen, braunen grauen oder gelben Farben; darin viele kleine, ausserordentlich zersprungene und daher oft erdig zerbröckelte Sanidinkrystalle, und häufige Glimmerschuppen; Ungarn.

b) Thonsteinähnliche Var.; dichte, matte, vor dem Löthrohre schwer schmelzbare Grundmasse von ähnlichen Farben, wie die vorhergehende Varietät; bald einfarbig, bald mit gestreifter, gefleckter oder gewolkter Farbenzeichnung; hart und fest, oder weich und locker, beides durch einander vor-

*) *Virlet*, *Bull. de la soc. géol., t. VI, p.* 283. Indessen erklärte Virlet ebend. S. 279 den berühmten Mühlstein von Milo, welcher in die ganze Levante verschifft wird, für cariosen Quarzit, was auch Fiedler bestätigte; (Reise durch Griechenland, II, 425); womit hinwiederum die Angaben von Russegger wenig übereinstimmen, welcher diesen Mühlsteinporphyr für ein perlitartiges Gestein erklärte; Neues Jahrb. für Min. 1840, S. 207. Dagegen ist nach demselben Beobachter der Mühlsteinporphyr der Insel Kimolos ganz ähnlich dem Ungarischen.

**) Wie häufig der Quarz in diesen thonsteinähnlichen Trachytporphyren ist, ergiebt sich aus der Beschreibung, welche *Poullet Scrope* von ihrem Vorkommen auf den Ponza-Inseln geliefert hat (*Trans. of the geol. soc. 2. ser. II, p.* 195 f.); dort spricht er unter Anderem S. 230 von *numerous imbedded crystals and grains of quarz* in der weissen Grundmasse.

***) Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, S. 23.

kommend, mit bald zahlreichen bald sparsamen, Feldspathkrystallen, welche oft nur als weisse Flecke erscheinen; Ungarn.

c) Bimssteinähnliche Var.; dichte, fast unschmelzbare Grundmasse, reich an Zellen und Blasenräumen, welche bald regellos gestaltet und gelagert, bald langgezogen und parallel geordnet sind; sparsame und wenig deutliche Feldspathkrystalle; Ungarn.

d) Schiefrige Var.; sehr feinkörnige Grundmasse, welche durch eine beständig wiederholte lagenweise Abwechslung ihrer Beschaffenheit eine ausgezeichnete Plattung und schiefrige Structur erhalten hat. Die alternirenden Lagen sind bisweilen einige Zoll dick, gewöhnlich aber viel dünner, ja oft als papierdünne Lamellen*) ausgebildet, abwechselnd weiss, graulich oder gelblich, und braunblau, oder schwärzlich, überhaupt heller und dunkler gefärbt; die helleren Lagen lockerer, oft poros auch bisweilen sphärolithisch, die dunkleren Lagen sehr dicht und kieselig, oft sogar hornsteinähnlich; übrigens beide zwar vollkommen parallel jedoch keinesweges immer ebenflächig ausgedehnt, vielmehr gar nicht selten gekräuselt im Kleinen und gewunden im Grossen**). In dieser gestreiften und schiefrigen Grundmasse liegen sparsame Krystalle von Sanidin und Glimmer, welche in ihrer Lage gleichfalls der Parallelstructur des Gesteins gehorchen; Quarz scheint nur zuweilen als feindrusiger Ueberzug der Ablösungsflächen der einzelnen Gesteinslagen vorzukommen. Uebrigens zeigen diese Gesteine häufig eine sehr ausgezeichnete säulenförmige Absonderung, bei welcher die schiefrige Structur ganz ungestört aus einer Säule in die andere fortsetzt, indem sie die Axen derselben rechtwinkelig oder schräg durchschneidet, gerade so, wie diess auch bei den gestreiften und säulenförmig abgesonderten Felsitporphyren der Fall ist. Abich, welcher eine Varietät dieses schiefrigen Trachytporphyrs untersuchte, fand in ihr 74 bis 75 p. C. Kieselerdegehalt, und schliesst aus seiner Analyse, dass solche aus 50 p.C. Sanidin, 25 p.C. Albit und 25 p.C. freier Kieselerde zusammengesetzt sei. Man kennt diese Gesteine besonders von den Inseln Ponza und Palmarola, vom Fusse des Oyamel in Mexico, und vom Berge Pagus bei Smyrna.

Ueberhaupt aber sind Ungarn, Mexico, die Euganeen, die Ponza-Inseln, die Liparischen Inseln, die vulcanischen Inseln des griechischen Archipelagus diejenigen Gegenden, in welchen bis jetzt die Trachytporphyre am genauesten studirt worden sind.

5) **Trachyt.** Die in ihrem Habitus gleichfalls sehr wechselnden eigentlichen Trachyte werden im Allgemeinen durch porphyrische Structur, durch eine oft porose oder rauhe Grundmasse, und durch die darin eingewachsenen Sanidinkrystalle charakterisirt. Abich bestimmte ihr mittleres specifisches Gewicht zu 2,68***), ihren mittleren Gehalt an Kieselerde zu 65,8 p. C.

*) *Poullet Scrope* a. a. O. *p.* 201; auch Abich a. a. O. S. 19.

**) Die Windungen und Biegungen, so wie die ganze Structur des Gesteins vergleichen Abich und Scrope mit den ähnlichen Erscheinungen am Gneisse und Glimmerschiefer; es ist offenbar dieselbe ausgezeichnete plane Parallelstructur, wie wir sie oben S. 626 am Perlit, S. 616 am Felsitporphyr, und S. 568 am Granulite kennen gelernt haben.

***) Die von Abich untersuchten Varietäten wogen von 2,618 bis 2,722; Petzholdt bestimmte das mittlere sp. Gewicht der Trachyte = 2,59. Geologie, S. 249.

Die mikro- und kryptokrystallinische, nach Abich vorwaltend aus Albit und Sanidin (nebst einem in Salzsäure auflöslichen wasserhaltigen Silicate*) und etwas Magneteisenerz) bestehende Grundmasse ist theils körnig, theils dicht, dabei entweder compact oder poros und blasig, selten glänzend, meist matt, und verschiedentlich weiss, grau, grün, gelb, roth, braun bis schwarz gefärbt; doch sind die weissen und hellgrauen Farben vorwaltend; die grüne Farbe aber scheint oft durch eine eigenthümliche, noch nicht genau erforschte Substanz verursacht zu werden.

Von denen in der Grundmasse eingewachsenen Krystallen sind besonders Sanidin, Hornblende und Glimmer von grosser Bedeutung. Der Sanidin erscheint bald in tafelförmigen, bald in säulenförmigen, sehr häufig in zwillingsartig zusammengesetzten Krystallen, welche meist ¼ bis 1 Zoll gross sind, bisweilen aber auch mehre Zoll Länge erreichen, während sie anderseits fast bis zu mikroskopischer Kleinheit herabsinken; sie treten bald sehr zahlreich, bald mehr einzeln auf, sind stark glänzend, rissig, sehr durchscheinend, nur selten matt, und besitzen überhaupt in der Regel alle Eigenschaften, welche diese Feldspathvarietät auszeichnen. Nächst dem Sanidin ist Amphibol oder Hornblende in schwarzen (selten grünen) stark glänzenden, höchst vollkommen spaltbaren, nadel- oder säulenförmigen Krystallen ein häufiger, ja, man kann sagen, ein selten fehlender und daher fast charakteristischer Gemengtheil der Trachyte. Vielleicht etwas weniger allgemein, aber doch noch häufig genug, erscheint endlich Glimmer, in schwarzen, dunkelbraunen oder braunrothen, stark glänzenden hexagonalen Tafeln und Schuppen.

Pyroxen ist weit seltener zu beobachten; er findet sich gewöhnlich nur in gewissen dunkelfarbigen, dem Basalte genäherten Varietäten deutlich und einigermaassen reichlich ausgebildet. Titanit, in ganz kleinen gelben oder braunen, stark glänzenden Krystallen ist ein ziemlich häufig vorkommender accessorischer Bestandtheil**). Titanhaltiges Magneteisenerz, in kleinen Oktaëdern oder in feinen Körnern, ist zwar öfters vorhanden, aber nicht immer deutlich sichtbar. Glanzeisenerz, in tafelförmigen Krystallen, findet sich oft als accessorischer Gemengtheil, zumal auf Klüften des Gesteins, bisweilen nur als schwarzer feindrusiger Ueberzug derselben ausgebildet. Als seltnere accessorische Gemengtheile sind endlich noch Kalkspath, Granat, Olivin, Nephelin, Chabasit, Mesotyp und Quarz zu erwähnen.

Dieses letztere Mineral, dessen Vorkommen in theoretischer Hinsicht einige Wichtigkeit erlangt, fehlt zwar in der Regel gänzlich, ist aber doch ausnahmsweise in einigen Trachyten sehr bestimmt nachgewiesen worden. So beobachtete ihn Weiss am Cantal, wo auch sein Vorkommen von Anderen, z. B. von Burat bestätigt wurde. Er findet sich dort nicht nur in kleinen,

*) Auch Durocher hat in den Trachyten, so wie in vielen andern plutonischen Gesteinen, einen kleinen Wassergehalt nachgewiesen; *Comptes rendus, t.* 24, 1847, *p.* 209.

**) Leopold v. Buch, Abhandl. der Königl. Akademie in Berlin 1812 und 1813, S. 135.

bis 9 Centimeter Durchmesser erreichenden Nestern (*noyaux*) und in Trümern (*veines*), sondern auch bisweilen eingesprengt in kleinen Krystallen (*disseminé en petits cristaux*), meist dunkelroth oder rauchgrau. An der Perlenhardt im Siebengebirge ist er gleichfalls, jedoch nur auf Drusenräumen vorgekommen. Dagegen fand Beudant Quarzkörner im Domit der Gegend von Nograd. Fiedler sah auf der Insel Milo bei Klima einen graulichschwarzen Trachyt, der neben zahlreichen Sanidinkrystallen auch häufige, runde, blass rosenrothe Quarzkörner enthält; am südwestlichen Ende des grossen Hafens aber einen granitähnlichen, aus Sanidin, Glimmer und röthlichen Quarzkörnern bestehenden Trachyt; auch berichtet er, dass der Trachyt der kleinen Insel Antimilo nicht nur viele Hornblend- und Sanidinkrystalle, sondern auch zahlreiche wasserhelle Quarzkörner umschliesst. Eben so enthält der, von Verschoyle bei Killala in Irland nachgewiesene Trachyt eingewachsene pyramidale Krystalle von Quarz*). Wenn aber auch diese und andere Beispiele das bisweilige Vorkommen des Quarzes ausser allen Zweifel stellen dürften, so kann derselbe doch, wie Leopold von Buch sagt, nur als ein accessorischer, und niemals als ein wesentlicher Gemengtheil des Trachytes betrachtet werden. — Das äusserst seltene Vorkommen des Olivins, welcher nur in den augithaltigen Varietäten aufzutreten pflegt, ist gleichfalls für die Trachyte im Allgemeinen sehr bezeichnend.

Als einige der wichtigsten Varietätengruppen des Trachytes dürften vielleicht folgende hervorzuheben sein:

a) Granitähnlicher Trachyt (*Tr. granitoide*); die Grundmasse ist so zurückgedrängt, und die Sanidinkrystalle sind so vorwaltend, dass das Gestein fast nur wie ein Aggregat von Sanidinkörnern mit Glimmerschuppen und sparsamen Hornblendnadeln erscheint; es ist grobkörnig bis feinkörnig, und bisweilen mit grünen Puncten oder Flecken versehen, kommt aber überhaupt nicht sehr häufig vor, wie z. B. in der Gegend von Schemnitz am Berge von Handerlo und bei Puganz, auf der Insel Milo (hier reich an Quarz) und in den sog. Lesesteinen des Laacher Sees, wo er Spinellan u. a. Mineralien als accessorische Gemengtheile führt.

b) Flasriger oder gneissähnlicher Trachyt. Licht grünlichgraue dichte Grundmasse, mit vielen weissen Sanidinkrystallen und nadelförmigen Krystallen eines dunkelgrünen bis schwarzen, nach zwei unter 117° geneigten Flächen spaltbaren Minerals, welche durch ihre Form, Lage und Vertheilung eine ausgezeichnete flasrige Structur bedingen. Dieses merkwürdige Gestein bildet nach F. Hoffmann den äusseren Ring des Erhebungscircus der Insel Pantellaria zwischen Sicilien und Africa. Derselbe beschreibt von der

*) *Burat*, in *Description des terrains volc. de la France centrale*, 1833, *p.* 36 und 95; *Beudant*, *Voy. min. et géol. en Hongrie*, *III*, *p.* 331; Fiedler, Reise durch alle Theile des Königr. Griechenland, Bd. II, S. 387, 437 und 448; *Verschoyle*, in *Trans. of the geol. soc. 2. ser. V*, *p.* 168. Nach Pilla soll auch der Trachyt von Campiglia in Toscana eine Menge Quarzkörner umschliessen; (Neues Jahrb. für Min. 1846, S. 628); er hält ihn freilich für umgewandelten Granit, was auch die Ansicht Russegger's in Betreff des granitähnlichen Trachytes von Milo ist.

Felseninsel Basiluzzo, zwischen Stromboli und Lipari, ein Trachytgestein von röthlicher Grundmasse, erfüllt mit Sanidinkrystallen, Glimmertafeln und grauen perlitähnlichen Körnern, welche letztere in lauter parallelen Streifen versammelt sind, und dadurch nicht nur eine vollkommene flasrige Structur, sondern auch eine höchst ausgezeichnete plattenförmige Absonderung bewirken*). Auch Stifft erwähnt aus dem Herzogthum Nassau Trachyte, welche durch eine lagenweise Abwechslung der Sanidin- und Hornblendkrystalle eine Neigung zu flasriger Structur erhalten.

c) Schiefriger Trachyt (*Tr. schistoide Bur.*). Eine schiefrige Structur bildet sich in den Trachyten auf zweierlei Weise aus; entweder dadurch, dass das Gestein, bei sehr zurückgedrängter Grundmasse, fast nur aus dünn tafelförmigen oder lamellaren Sanidinkrystallen besteht, welche wie Glimmerblätter parallel über einander liegen; oder auch dadurch, dass die sehr vorwaltende, und nur sparsame Krystalle umschliessende Grundmasse selbst eine schiefrige Parallelstructur entwickelt, in Folge welcher das Gestein nach glänzenden Flächen spaltet. Varietäten der ersten Art, welche lebhaft an Glimmerschiefer erinnern, fand Leopold v. Buch z. B. bei der Angostura und in der Nähe des Perexil auf Teneriffa, in der Caldera von Tiraxana und bei Mogan auf Gran-Canaria. Die Varietäten der zweiten Art, welche den Phonolithen sehr nahe stehen, kommen nach Burat sehr häufig im Velay, zumal bei Saint-Pierre-Eynac, im Cantal am Pas-de-Compain, sowie auch in den Monts-Dores vor**).

Bei weitem die meisten Trachyte haben jedoch eine entschiedene porphyrische Structur; ihre zahllosen Varietäten gehen aber nach allen Richtungen dermaassen in einander über, dass es schwer ist, bestimmte Gruppen zu fixiren. Ohne dabei ein festes Princip zum Anhalten zu nehmen, heben wir folgende Varietäten hervor:

d) Feldspathreicher Trachyt (*Tr. à gros cristaux, Bur.*). Körnige bis dichte Grundmasse, in welcher einzelne sehr grosse, oder zahlreiche kleinere Sanidinkrystalle, aber verhältnissmässig nur wenige andere Gemengtheile eingewachsen sind. Hierher gehört z. B. die ausgezeichnete Varietät vom Drachenfelse im Siebengebirge, und eine grosse Anzahl anderer Varietäten von dort und aus anderen Gegenden. Je grösser die Sanidinkrystalle sind, desto grobkörniger pflegt auch die Grundmasse entwickelt zu sein. Durch eine parallele Lage der tafelförmigen oder säulenförmigen Sanidinkrystalle wird bisweilen eine Art von planer oder linearer Parallelstructur hervorgebracht.

e) Hornblendreicher Trachyt (*Tr. amphibolique*). Varietäten mit dichter und glänzender, oder mit erdiger, matter, oft poroser oder zelliger Grundmasse von verschiedenen lichtgrauen, rothen oder gelben Farben;

*) Poggend. Ann. Bd. 24, 1832, S. 68 und Geogn. Beob. gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien, 1839, S. 108; auch Poggend. Ann. Bd. 26, S. 17.

**) L. v. Buch, Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 215, 244 u. 274; Burat, a. a. O. S. 44, 64 u. 160. Indessen glaubt Desgenevez, dass die von Burat aufgeführten schiefrigen Trachyte schon vollkommene Phonolithe sind. *Mém. de la soc. géol., I, p.* 184.

oft mit einer grünen Substanz gemengt, welche bald gleichmässig vertheilt, bald in Flecken concentrirt, sehr leicht schmelzbar, aber ausserdem nicht weiter zu bestimmen ist, da sie stets nur ganz kleine Körnchen bildet; durch sie erhält die Grundmasse stellenweise eine grüne Farbe. Ausser den Sanidinkrystallen treten sehr zahlreiche Krystalle von Hornblende und Glimmer auf. Diese Varietäten finden sich besonders in der Gegend von Schemnitz; auch in Mexico, und im Herzogthum Nassau scheinen sie vorzukommen*).

f) Domit, oder thonsteinähnlicher Trachyt (*Tr. terreux ou Tr. domite*). Graulichweisse, erdige und matte, jedoch im Sonnenlichte feinkörnig schimmernde, weiche bis fast zerreibliche, dennoch aber spröde und klingende Grundmasse, in welcher kleine, meist sehr rissige Sanidinkrystalle, auch öfters viele Glimmerblättchen, aber nur selten Hornblendnadeln eingewachsen sind. Diese ganz eigenthümliche, zuerst von Leopold v. Buch**) fixirte Varietät des Trachytes ist besonders in der Auvergne zu Hause, wo sie die herrlichen Kuppeln des Puy-de-Dome, nach welchem sie benannt ist, des Sarcouy, an welchem sie in mächtige schichtenähnliche Bänke abgesondert erscheint, des Clierzou, des Petit-Suchet und des Puy-Chopine bildet. In Ungarn fand sie Beudant bei Nograd, wo sie bisweilen Quarzkörner enthält.

g) Porphyrähnlicher Trachyt (*Tr. porphyroide*). Dichte, oder rauhe und zellige Grundmasse von rother, brauner, grauer oder blaulicher Farbe; darin Feldspathkrystalle, welche meist klein, bisweilen auch ziemlich sparsam vorhanden, oft aber matt, undurchsichtig und so gefärbt sind, dass sie weniger an Sanidin, als an andere Feldspath-Varietäten erinnern. Glimmer scheint gar nicht, und Hornblende nur sehr selten vorzukommen; dagegen finden sich zuweilen pyroxenähnliche Körner ein. Auch fand Beudant in einer solchen Varietät am Szinski-Kamen bei Vihorlet olivinähnliche Körner. Diese, nach ihrer Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Felsitporphyren benannten Varietäten sind sowohl in Ungarn als in Centralfrankreich sehr verbreitet, und zeigen theils plattenförmige, theils prismatische, theils unregelmässig polyëdrische Absonderung. In Ungarn kommen sie besonders bei Schemnitz, Kremnitz, Königsberg und Vihorlet vor; in Frankreich finden sich sehr ausgezeichnete Varietäten an der Crete de Ferval im Cantal, im Val d'Enfer am Montdor und bei La Pradette im Velay.

h) Einfacher Trachyt (*Tr. homogène Bur.*). Diese Varietäten, welche meist graue, gelbe, rothe, oder röthlichbraune bis schwarze Farben haben, unterscheiden sich von den vorigen dadurch, dass sie gar keine (oder nur äusserst seltene) Feldspathkrystalle enthalten; dagegen sind glänzende Nadeln von Hornblende, kleine matte Krystalle und Körner von Pyroxen, auch wohl Glimmerblätter, wenn auch nicht allgemein, so doch hier

*) So erwähnt Stifft Trachyte mit grossen Hornblendkrystallen, welche noch die Merkwürdigkeit zeigen, dass in der Mitte der Hornblendkrystalle oft eine Nadel von Sanidin eingeschlossen ist. Geogn. Beschr. des Herzogth. Nassau, S. 186 und 188. Auch Sandberger, Uebersicht der geol. Verhältn. des Herz. Nassau, S. 70.

**) Geogn. Beobb. auf Reisen durch Deutschl. u. Ital., II, S. 243 f. Man hat den Domit zuweilen für einen blosen Trachyt-Tuff erklären wollen, was er aber gewiss nicht ist, wie auch Burat a. a. O. S. 148 bemerkt.

und da (wie z. B. am Cantal) als Einsprenglinge vorhanden. Die Grundmasse ist theils blasig, theils dicht, und im letzteren Falle oft plattenförmig abgesondert, so dass das Gestein bei Murat zum Dachdecken verwendet wird, und nicht selten dem Phonolithe sehr ähnlich erscheint. Bisweilen hält es etwas Olivin, selten Eisenglanz oder Opalnester. Diese feldspathfreien Trachyte sind z. B. im Velay und im Gebiete der Monts-Dores sehr verbreitet, und kommen auch am Cantal bei Murat und am Puy-Mary vor*).

i) Halbglasiger Trachyt (*Tr. semi-vitreux*, *Beud.*) Sehr compacte, beinahe glasartige, glänzende Grundmasse von muschligem Bruche, und meist schwarzer oder brauner Farbe, welche aber desungeachtet zu weissem Email schmilzt, und sich dadurch vom Basalte unterscheidet. In dieser Grundmasse sind nicht sonderlich zahlreiche, meist kleine und schlecht begränzte, gleichsam mit ihr verschmolzene Sanidinkrystalle eingewachsen. Das Gestein ist oft plattenförmig, in seinen schwarzen Varietäten aber sehr schön säulenförmig abgesondert, und findet sich nicht nur in Ungarn, bei Schemnitz, Tokai u. a. O., sondern auch auf den griechischen Inseln, auf Island, bei Popayan in Columbia und anderwärts.

Die braunen Trachyte mit Pyroxen und Olivin, welche nach Rozet im Cantal auftreten, werden von anderen Geologen, wohl nicht mit Unrecht, als Basalte betrachtet**). Endlich ist noch zu erwähnen, dass das an Feldspathkörnern und Glimmerblättern sehr reiche Gestein aus den Euganeen, welches Da-Rio unter dem Namen Masegna beschrieben hat, nach den Beobachtungen von Salmon nichts Anderes, als eine Varietät des Trachytes ist***). Dasselbe dürfte von dem braunen Gesteine der Cimini-Berge gelten, welches Brocchi unter dem in der Gegend üblichen Namen Nenfro aufführte; so wie von dem zwischen Santa-Fiora, Viterbo und Tolfa ziemlich verbreiteten Gesteine, welches Derselbe Nekrolith nannte, und welches, den Beschreibungen zufolge, der Masegna ganz ähnlich zu sein scheint.

Alle Varietäten des Trachytes werden zuweilen so poros und blasig, dass sie einen eigenthümlichen Habitus erhalten und als schlackenähnliche, sehr rauhe und meist dunkelfarbige Gesteine erscheinen, welche gewöhnlich an der Aussenseite der trachytischen Ablagerungen vorkommen, und die ohnediess sehr grosse Manchfaltigkeit ihrer Erscheinungsweise bedeutend erhöhen.

6) **Phonolith** (Klingstein, Porphyrschiefer der älteren Auctoren). Dieses Gestein, dessen Name von Klaproth herrührt†), ist einerseits mit dem Trachyte, anderseits aber auch mit dem Basalte so nahe verwandt, dass es wohl zuweilen Schwierigkeiten hat, eine bestimmte Gränze zu ziehen. Jedenfalls aber ist seine Aehnlichkeit mit dem Trachyte weit grösser, als mit dem Basalte, und während wirkliche Uebergänge in den ersteren gar nicht selten sind, so möchte man dergleichen in den Basalt gänzlich

*) Burat, a. a. O. *p.* 64, 110 und 159.

**) *Rozet*, in *Mém. de la soc. géol.* 2. *série*, *I*, *p*. 66.

***) Breislak, Lehrb. der Geologie, III, 458 f.

†) Klaproth und Werner nannten so eigentlich nur die Grundmasse des Gesteins, wegen des auffallend hellen Klanges, den ihre scheibenförmigen Bruchstücke beim Anschlagen von sich geben.

bezweifeln*). Auch liefern die lichteren Farben, die schiefrige Structur, das geringere specifische Gewicht, das fast beständige Vorkommen von Sanidinkrystallen, und der gänzliche Mangel an Pyroxen und Olivin**) recht bestimmte Unterscheidungsmerkmale von dem Basalte; wogegen eine Verschiedenheit von dem Trachyte fast nur in der sehr dichten und compacten Grundmasse, und in der grossen Neigung zu schiefriger Structur und plattenförmiger Absonderung gesucht werden kann.

Die Grundmasse der Phonolithe ist ein höchst inniges Gemeng aus einem in Salzsäure unauflöslichen feldspathigen Minerale, welches nach C. Gmelin und Abich in seiner Zusammensetzung dem Sanidin am nächsten steht, und aus einem in Salzsäure zersetzbaren zeolithartigem Minerale, welches zwar gewöhnlich für Mesotyp oder Mesol gehalten wird, wahrscheinlich aber in verschiedenen Varietäten, oder in Phonolithen aus verschiedenen Gegenden, auch von verschiedener Natur sein dürfte. Uebrigens ist das Quantitäts-Verhältniss beider Bestandtheile ein schwankendes und unbestimmtes, daher es denn auch gar nicht unmöglich erscheint, dass es Phonolithe ohne allen Zeolithgehalt geben kann, obwohl solcher in den bis jetzt analysirten Varietäten von 15 bis zu 55 p. C. nachgewiesen worden ist. Da nun die Zeolithe überhaupt durch ein sehr geringes specifisches Gewicht, und durch einen grösseren oder geringeren Wassergehalt ausgezeichnet sind, so wird sich schon aus dem spec. Gewichte und aus dem Wassergehalte eines Phonolithes ungefähr schliessen lassen, ob er einen bedeutenden oder unbedeutenden Gehalt von zeolithartigen Bestandtheilen besitzt, indem das Gewicht um so kleiner, und der Wassergehalt um so grösser ausfallen muss, je mehr Zeolith vorhanden ist.

Reuss bestimmte das mittlere spec. Gewicht des Phonolithes nach neun verschiedenen Varietäten zu 2,513, mit den Extremen 2,435 und 2,662***). Dass nun aber dieses Gewicht in der That mit dem grösseren Zeolithgehalte herabsinkt, diess lehren folgende Beispiele:

*) »Wahre Uebergänge in Basalt sind mit Sicherheit wohl nirgends nachzuweisen,« sagt Abich in seiner mehrerwähnten Abhandlung (über die Natur und den Zus. der vulc. Bild. S. 35) und in gleichem Sinne spricht sich Cotta aus: »dass von einem durch Gleichzeitigkeit der Bildung bedingten Uebergange zwischen Basalt und Phonolith nirgends die Rede sein kann.« Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen, Heft III, S. 79.

**) Desgenevez sagt (a. a. O. S. 194) vom Pyroxen, er habe ihn niemals im Phonolithe gesehen, glaubt jedoch an ein bisweiliges Vorkommen von Olivin. Dagegen erklärt August Reuss ganz entschieden, dass die Böhmischen Phonolithe niemals weder Pyroxen noch Olivin enthalten (die Umgebungen von Teplitz und Bilin, 1840, S. 194), was ich nach eigenen Beobachtungen nur bestätigen kann. Auch Burat gedenkt in den Phonolithen des Velay keines Pyroxens und Olivins, und Reuss der Vater erwähnt sie eben so wenig in seiner Geognosie bei der Beschreibung des Phonolithes.

***) Das von Abich angegebene mittlere Gewicht 2,577 ist wohl etwas zu gross. Das geringere Gewicht und den grossen Gehalt an Alkalien (mit vorwaltendem Natron) betrachtet er als die wesentlichsten Unterschiede vom Trachyt.

Phonolith vom Hohenkrähen	G. = 2,504	Zeolithgehalt	55	p. C.
— vom Teplitzer Schlossb.	,, = 2,548	,,	29,4	,,
— von der Pferdekuppe	,, = 2,605	,,	18,6	,,

Die Verwitterung greift übrigens den zeolithischen Bestandtheil weit stärker an, als den feldspathigen, und da sie im Laufe der Jahrhunderte dasselbe bewirkt, was die auf das Steinpulver einwirkende Salzsäure in 24 Stunden zu Wege bringt, so arbeitet sie im Allgemeinen auf eine Entfernung des zeolithischen Bestandtheils hin. Hieraus ist es erklärlich, dass derselbe in den stark verwitterten Varietäten nur noch in sehr geringer Menge angetroffen wird, wie solches von Gmelin nachgewiesen worden ist, und dass sich der Phonolith im Laufe der Zeit mit einer, für ihn sehr charakteristischen Verwitterungskruste bedeckt, welche zwar gewöhnlich nur eine oder ein paar Linien dick ist, aber durch ihre bleiche Farbe gegen die dunkele noch unzersetzte Gesteinsmasse sehr auffallend absticht.

Die Farben der phonolithischen Grundmasse sind ziemlich verschieden; am häufigsten grünlichgrau bis olivengrün; auch gelblichgrau und röthlichgrau bis leberbraun; graulichweiss, aschgrau bis schwärzlichgrau; schwärzlichgrün und lauchgrün. Sie ist dicht, feinkörnig oder feinschuppig, gewöhnlich dickschiefrig und spaltbar in hellklingende Platten, bisweilen sogar dünnschiefrig *); doch kommen auch Varietäten ohne erkennbare schiefrige Structur vor. Uebrigens ist sie meistentheils völlig compact, nur selten poros oder blasig, im Bruche splittrig, matt oder schimmernd, und in Kanten durchscheinend.

In dieser Grundmasse sind nun fast immer tafelförmige Sanidinkrystalle eingewachsen, welche der Schieferung parallel liegen, gewöhnlich aber fast durchsichtig oder eben so wie die Grundmasse gefärbt sind, daher sie sich mehr durch ihren Glanz und ihre Spaltungsflächen, als durch ihre Farbe zu erkennen geben. Nächstdem ist Hornblende, in schwarzen nadelförmigen Krystallen, ein sehr häufig vorkommender Gemengtheil; weit seltener erscheint Glimmer, in braunen hexagonalen Tafeln. Dagegen sind ganz kleine Krystalle von gelbem Titanit eine ziemlich allgemeine Erscheinung, obwohl sie meist nur sporadisch und niemals sehr zahlreich vorkommen **). Magneteisenerz ist öfters vorhanden, wenn auch nicht deutlich sichtbar, so doch erkennbar durch die Magnetnadel. Burat giebt noch kleine Puncte von Hauyn an. Auf den Klüften sind zuweilen schöne Dendriten ausgebildet.

*) Nach Burat ist die schiefrige Structur darin begründet, dass die ganz kleinen Feldspath-Individuen der Grundmasse als sehr dünne Lamellen ausgebildet und einander parallel gelagert sind; a. a. O. *p.* 38.

**) Das Vorkommen dieses sehr bezeichnenden accessorischen Gemengtheils wurde zuerst von Cordier in dem Phonolith des Sanadoire am Montdor erkannt, und später von Ambros Reuss als ein sehr allgemeines in den Böhmischen Phonolithen nachgewiesen; (Lehrb. der Geogn. II, S. 590). August Reuss hebt es hervor, dass die Titanite besonders in den hellfarbigen grauen Varietäten zu finden sind, in den grünen und dunkelfarbigen dagegen fehlen; (die Umgeb. von Teplitz und Bilin, S. 191, Anm.). Etwas Aehnliches scheint nach Gutberlet in der Rhön Statt zu finden, wo nur der graue jüngere Phonolith titanithaltig sein soll; (Neues Jahrbuch für Min. 1845, S. 130 f.).

Die hellfarbigen, porosen oder blasigen, undeutlich oder gar nicht schiefrigen Varietäten enthalten ausserdem nicht selten auf Klüften oder in Blasenräumen mancherlei zeolithische Mineralien, als Apophyllit, Chabasit, Comptonit, Desmin, Natrolith und Analcim; auch wohl Kalkspath und Hyalith*).

Der Phonolith zeigt in der Regel eine plattenförmige Absonderung welche den Structurflächen des Gesteins parallel und zuweilen so dünn ist, dass die Platten zum Dachdecken benutzt werden können; auch säulenförmige und pfeilerförmige Absonderung ist oft vorhanden, und wird dann gewöhnlich von der plattenförmigen Absonderung durchsetzt. Kuglige Gesteinsformen kommen wohl nicht vor; dagegen zeigen die nicht schiefrigen Varietäten gewöhnlich eine vielfache unregelmässig polyëdrische Absonderung.

Als einige der wichtigsten Varietäten dürften etwa folgende hervorzuheben sein.

a) Plattenförmiger Phonolith (*Ph. tégulaire*, *Burat* u. *Bertrand-Roux*). Dickschiefrig und in Platten abgesondert, spaltbar in tafelförmige Bruchstücke; die häufigste Varietät, welche in allen phonolithischen Regionen angetroffen wird, und durch ihre stark klingenden Platten den Namen Klingstein oder Phonolith ganz besonders rechtfertigt.

b) Porphyrähnlicher Phonolith (*Ph. compacte*, *Burat*); ohne plattenförmige Absonderung und ohne schiefrige Structur, aber regellos zerklüftet nach Art der Felsitporphyre; von flachmuschligem Bruche, von meist dunklen Farben, und mit sehr sparsamen krystallinischen Einsprenglingen.

c) Trachytähnlicher Phonolith; meist hellfarbige, rauhe und oft porose, undeutlich oder gar nicht schiefrige Grundmasse, mit zuweilen deutlich erkennbaren zeolithischen Bestandtheilen, welche auch nicht selten in Nestern, Trümern oder Blasenräumen ausgeschieden sind; der Marienberg bei Aussig, die Phonolithe zwischen Oberwiesenthal und Joachimsthal, die neueren Phonolithe des Rhöngebirges.

d) Gefleckter Phonolith (*Ph. moucheté ou tigré*, *Bertrand-Roux*); er ist nur eine Farbenvarietät, welche besonders am plattenförmigen Phonolithe aber auch an anderem vorkommt, und sich dadurch auszeichnet, dass die Grundmasse viele runde oder unbestimmt begränzte dunkle Flecke enthält, welche ihr ein sehr eigenthümliches Ansehen verleihen.

Die Phonolithe sind in Europa besonders im nördlichen Böhmen, in der Lausitz, im Rhöngebirge und im Velay (*Dep. de la haute Loire* und *de l'Ardeche*) sehr verbreitet.

7) **Andesit.** Erst vor wenigen Jahren wurde es durch G. Rose erkannt, dass die hohen vulcanischen Kegelberge der Anden Südamerikas nicht, wie man früher glaubte, aus eigentlichem Trachyt, sondern aus zwar sehr trachytähnlichen, aber dennoch ganz eigenthümlichen Gesteinen bestehen,

*) Aug. Reuss macht aufmerksam darauf, dass da, wo mehre dieser Mineralien zugleich vorkommen, eine bestimmte Aufeinanderfolge derselben Statt findet. So findet man oft von aussen nach innen die Reihenfolge: Analcim, Natrolith, Apophyllit (Albin) und Kalkspath, welcher letztere überhaupt stets als die neueste Bildung erscheint. (Die Umgeb. von Teplitz und Bilin, S. 172, Anm.)

für welche man daher den Namen Andesit in Vorschlag brachte*). Die genauere Kenntniss derselben verdanken wir den Untersuchungen Abichs.

Sie besitzen gewöhnlich eine dunkelgraue bis schwarze, feinkörnige bis dichte (z. Th. auch, wie am Pichincha, eine hyaline), ausserdem aber weiche und leicht zermalmbare Grundmasse, in welcher sehr viele, ganz kleine, weisse Albitkrystalle, bisweilen auch Sanidinkrystalle eingewachsen sind, zu denen sich kleine schwarze Hornblendkrystalle gesellen. So sind die Gesteine des Chimborazo, des Antisana, des Cotopaxi und des Pichincha beschaffen. Das specifische Gewicht der grauen, feinkörnigen bis dichten Varietäten ist 2,685 bis 2,716, das der schwarzen, glasigen Varietät vom Pichincha 2,585**).

Dieselben Gesteine spielen aber auch eine sehr wichtige Rolle in den hohen Gipfeln des Kaukasus und Transkaukasiens. So hat z. B. das Gipfelgestein des grossen Ararat eine graue, krystallinisch feinkörnige, weiche und leicht zu weissgrauem Pulver zerreibliche Grundmasse, welche viele äusserst kleine Albitkörner, feine dunkelbraune Hornblendnadeln und etwas Magneteisenerz enthält. Das Gipfelgestein des Elbruz dagegen ähnelt durch seine obsidianartige Grundmasse mehr dem Andesite des Pichincha, und hält, ausser den krystallinischen Einsprenglingen des vorigen, auch noch tombakbraune Glimmerblättchen. Das spec. Gewicht dieser beiden, durch einen nicht unbedeutenden Gehalt an freier Kieselerde ausgezeichneten Gesteine beträgt 2,595 und 2,546.

Andere, in denselben Gegenden vorkommende Gesteine, welche Abich gleichfalls zu den Andesiten rechnet, haben, zufolge der von ihm gewählten Interpretation seiner Analysen, eine etwas andere Zusammensetzung, indem sie nicht Albit, sondern Oligoklas (nebst Hornblende, etwas Magneteisenerz und viel freie Kieselerde) enthalten, eine theils dunkelgraue, theils rothbraune Grundmasse besitzen, und das sp. Gewicht 2,616 bis 2,707 haben. Dahin gehören viele Gesteine des Ararat und die Gipfelgesteine des Kasbek.

Der allerdings sehr schwankende Begriff des Andesites wird also einstweilen nur durch den eigenthümlichen äusseren Habitus und durch die geognostischen Charaktere des Vorkommens einigermaassen fixirt werden können. Besonders bezeichnend ist die dunkelgraue (bisweilen rothbraune) Grundmasse mit ihren zahlreichen weissen Albit- oder Oligoklaskrystallen, den dunkeln Hornblendnadeln und dem Gehalt an Magneteisenerz. Wenn auch oft das Ansehen des Gesteins sehr doleritähnlich wird, so bleibt doch das specifische Gewicht desselben in der Regel unter 2,7, was mit dem grossen Gehalte an Kieselerde im Zusammenhange stehen dürfte. Keine vulcanische Felsart ist übrigens einer grösseren Manchfaltigkeit fähig, als der Andesit; er durchläuft alle Abstufungen vom kieselreichsten Trachytporphyr bis beinahe zum Dolerite***).

*) Leopold v. Buch, in Poggend. Ann. Bd. 37, S. 189.

**) Abich, Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, 1841, S. 46 f.

***) Abich, Ueber die geologische Natur des Armenischen Hochlandes, 1843, S. 25 f.

8) **Trachydolerit.** Die oligoklashaltigen Andesite vermitteln den Uebergang in andere Gesteine, welche als Verbindungsglieder zwischen Trachyt und Dolerit zu betrachten sind, weshalb sie Abich mit dem Namen Trachydolerit belegte. Sie erweisen sich als Gemenge von Oligoklas, mit Hornblende oder mit Augit und etwas Magneteisenerz, bisweilen auch mit Glimmer, haben das specifische Gewicht von 2,73 bis 2,80, einen Kieselerdegehalt von 54 bis 61 Procent, eine graue, röthliche oder röthlichbraune Grundmasse, einen trachyt- oder andesitähnlichen Habitus, und lassen sich, wie es scheint, als hornblendhaltige und als augithaltige Varietäten unterscheiden.

Nach Abichs Untersuchungen gehören zu den ersteren die Gesteine des Pic von Teneriffa, des Schivélutsch in Kamtschatka, der kleinen Felseninsel Lisca-nera zwischen Stromboli und Lipari und vieler älteren Lavaschichten des Aetna; zu den augithaltigen dagegen die Gesteine der Erhebungskratere von Stromboli und Roccamonfina (hier sehr glimmerreich) und des Tunguragua in Quito *).

Anmerkung. Dem Trachydolerite am nächsten verwandt, ja zum Theil wohl identisch mit ihm dürften die in Italien sehr häufig vorkommenden Gesteine sein, welche Werner Graustein genannt hat. Dieser Graustein ist nach Brochant ein aschgraues, sehr feinkörniges und inniges Gemeng aus Feldspath und Hornblende, zu welchen sich auch Pyroxen und Olivin gesellen **). Später sind von Poullet-Scrope unter demselben Namen Gesteine beschrieben worden, die wohl ebenfalls hierher gehören. Sie haben eine dichte bis grobkörnige Grundmasse von schwärzlichgrauer, dunkel röthlichgrauer oder blaulichgrauer Farbe, sind sehr hart und äusserst schwer zersprengbar, und enthalten graue bis röthlichweisse, zuweilen recht grosse Feldspathkrystalle, etwas Augit und Glimmer. Sie sind fast immer säulenförmig abgesondert, und ihre Säulen zeigen oft die Merkwürdigkeit, dass sie durch die Verwitterung nach Innen leichter zerstört werden, als nach Aussen, weshalb sie bisweilen wie hohle Zähne erscheinen. Obwohl stets mit Trachyten vergesellschaftet unterscheiden sie sich doch von ihnen durch ihre dunklen Farben, durch ihr spec. Gewicht 2,65—2,90 und durch die Integrität (also nicht rissige Beschaffenheit) und den abweichenden Glanz ihrer Feldspathkrystalle. Diese Grausteine kommen auf den Ponza-Inseln, auf Ischia und Procida, auf den Liparischen Inseln und am Aetna ziemlich häufig vor ***).

§. 185. *Familie des Basaltes oder Trappes.*

Während die Familie des Trachytes in der Mehrzahl ihrer Glieder durch das Vorwalten von Albit und Sanidin, und durch den Mangel an Labrador, Augit und Olivin charakterisirt wird, so sind dagegen das

*) Abich, Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, 1841, S. 100 f.

**) *Brochant, Traité de Minéralogie, II, p.* 608.

***) *Scrope*, in den *Trans. of the Geol. Soc.* 2. *series, vol. II., p.* 213 f.

Vorwalten des Augites und Labradors, und das häufige Auftreten des Olivins als die hylologischen Eigenthümlichkeiten der Basaltfamilie zu betrachten *). Daher stehen denn auch die Gesteine dieser Familie, in ihrem Wesen wie in ihrem äussern Habitus, den Gesteinen der Familien des Gabbro, des Diabases und Melaphyrs weit näher, als denen der Trachytfamilie; und wenn sich diese letztere gewissermaassen als eine Repetition der Porphyrfamilie betrachten lässt, so möchte man in der Basaltfamilie eine gleichzeitige Palingenesie der Diabas- und der Melaphyrfamilie erkennen, indem der Pyroxen der ersteren und der Labrador der anderen zur Bildung der basaltischen Gesteine zusammengetreten sind. Indessen wird der Labrador in einigen Gesteinen der Basaltfamilie durch Nephelin oder Leucit vertreten; ausser ihm und dem Augite sind Magneteisenerz und Olivin ein paar ganz gewöhnliche Gemengtheile, während die Zeolithe nur in gewissen Gesteinen eine wesentliche Rolle spielen. Die beständige Anwesenheit des Augites und des Magneteisenerzes hat für die meisten Gesteine dieser Familie sehr dunkle Farben zur Folge, wie denn auch beide, zugleich mit dem Labrador, ein hohes specifisches Gewicht bedingen.

Wir rechnen mit v. Leonhard zu der Familie des Basaltes den Dolerit, den Anamesit, den Basalt, die Wacke, den Nephelindolerit und den Leucitophyr. Da nun die meisten unter dem Collectiv-Namen Trapp aufgeführten Gesteine, wie solche aus Island, Schottland, Irland, von den Färöern und aus anderen Gegenden bekannt sind, nach den Beobachtungen von Boué, Forchhammer, Krug v. Nidda, Sartorius von Waltershausen und Durocher ganz unzweifelhaft zu dieser Familie gehören, so können wir sie auch als die Familie des Trappes aufführen, um diesen alten Namen nicht gänzlich unbenutzt zu lassen, welcher zuerst in Schweden für gewisse basaltähnliche Gesteine, später aber in einer so vielfachen und unbestimmten Bedeutung gebraucht worden ist, dass es nothwendig erscheint, seinen Gebrauch auf bestimmtere Gränzen einzuschränken **).

*) Für das genauere Studium dieser Familie verweisen wir auf das vortreffliche Werk: die Basaltgebilde u. s. w. von C. v. Leonhard, 2 Bände, 1832, in welchem die Naturgeschichte der Trappformation mit einer Vollständigkeit und Gründlichkeit behandelt wurde, wie diess noch mit keiner anderen eruptiven Formation der Fall gewesen ist.

**) Wir wollen nicht erst der Irrthümer der älteren Geognosie gedenken, welche sich an das Wort Trapp knüpfen, sondern führen das Urtheil eines neueren Geologen, des gestrengen Macculloch an. Nachdem er Thonstein, Klingstein, Feldstein,

Während der Leucitophyr hauptsächlich auf Augit und Leucit, der Nephelindolerit aber aus Augit und Nephelin besteht, so ist der Dolerit wesentlich als ein körniges Gemeng aus Augit und Labrador zu betrachten. Der Anamesit begreift eigentlich nur die sehr feinkörnigen Dolerite, welche sich in einigen ihrer Eigenschaften schon dem Basalte nähern; der Basalt ist im Allgemeinen als ein inniges Gemeng von dichtem Dolerit mit einem zeolithartigen Minerale zu betrachten, und verhält sich daher zu dem Dolerite genau so, wie der Phonolith zu dem Trachyte. Die Wacke endlich scheint nur mehr oder weniger zersetzte, oder auch solche Varietäten des Basaltes darzustellen, welche sich zu dem gewöhnlichen Basalte auf eine ähnliche Weise verhalten, wie der weiche, thonsteinähnliche Felsit zu dem harten, feldsteinähnlichen Felsite. Die Dolerite, Anamesite, Basalte und Wacken sind durch gegenseitige Uebergänge mit einander so innig verbunden, dass man sie nur als verschiedene, unter verschiedenen Bedingungen entstandene Ausbildungsformen eines und desselben materiellen Substrates betrachten möchte. Sie sind es auch, welche, zugleich mit denen sie begleitenden Conglomeraten und Tuffen, die Trappformation im engeren Sinne des Wortes zusammensetzen. Wir wenden uns nun zu einer specielleren Betrachtung der genannten Gesteine.

1) **Dolerit** (Mimesit, Basaltischer Grünstein z. Th.). Den Namen Dolerit gab Hauy dem Gesteine wegen seiner trügerischen Aehnlichkeit mit Diorit und anderen Grünsteinen. Dasselbe ist in der Regel ein krystallinischkörniges Gemeng aus Labrador *), Augit und etwas titanhaltigem Magneteisenerz, zu welchen sich jedoch öfters ein nicht unbedeutender Antheil von kohlensaurem Eisenoxydul und Kalk gesellen dürfte.

Der Labrador und der Augit, ersterer meist in weissen oder lichtgrauen tafelförmigen, letzterer in schwarzen säulenförmigen Individuen, sind in der Gesteinsmasse schon mit blosem Auge zu erkennen, und lassen sich aus grobkörnigen Varietäten leicht herausschlagen und auf ihre Eigenschaften untersuchen. Das Magneteisenerz ist theils in sichtbaren Oktaëdern und Körnern, theils in so kleinen Partikeln vorhanden, dass sich ihre Anwesenheit nur noch

Basalt, Grünstein, Syenit, Augitfels, Hypersthenit, Porphyr, Mandelstein und Tuff als die Glieder seiner Trappfamilie aufgeführt hat, sagt er: *The term trap has been applied to all these substances indiscriminately, from ignorance of their mineral characters, or to save the trouble of investigation;* und setzt dann hinzu: *I have no scruple in rejecting a word which, while it is the cloak for ignorance, perpetuates it; but being a convenient generic one in topographical and general discription, i have adopted it for the whole family. System of Geology*, 1831, *II*, *p.* 106.

*) Forchhammer hat in Isländischen Gesteinen auch Anorthit, sowie noch eine andere Feldspathspecies nachgewiesen, welche er Krablit nennt.

durch die Einwirkung auf die Magnetnadel, oder durch Ausziehung mittels des Magnetstabes aus dem Gesteinspulver zu erkennen giebt. Auch haben die Analysen von Auerbach, Abich und Bergemann das Vorhandensein des Labradors und Augites auf chemischem Wege dargethan *). Besonders wichtig sind aber die Untersuchungen Bergemanns, weil sie lehren, dass manche Dolerite auch einen ansehnlichen Gehalt von kohlensaurem Eisenoxydul und kohlensaurer Kalkerde besitzen, welcher bisher ganz übersehen worden ist, sich aber schon durch die Entwickelung von Kohlensäure zu erkennen giebt, wenn das Gestein mit Salzsäure behandelt wird. So enthält der Dolerit vom Meissner in Hessen, welchen man gleichsam als die Normalvarietät aller Gesteine dieses Namens zu betrachten pflegt, über 11, und der Dolerit von Aulgasse bei Siegburg fast 28 Procent von diesen beiden Carbonaten, wobei jedoch das kohlensaure Eisenoxydul bedeutend vorwaltet, und ungefähr $^3/_4$ des ganzen Bestandes ausmacht.

Ueberhaupt aber ergiebt sich aus Bergemann's Analysen, dass diese Dolerite aus einem in Salzsäure zersetzbaren und einem unzersetzbaren Antheile bestehen, von welchen der erstere, ausser dem Magneteisenerze und den genannten beiden Carbonaten, auch noch ein etwas zweifelhaftes Silicat von Thonerde und Natron begreift **), während der in Säure unauflösliche Rückstand nur noch von Labrador und Augit gebildet wird. Den 1,7 bis 1,89 Procent betragenden Wassergehalt hält Bergemann für zufällig, d. h. für hygroskopisch beigemengt. Sonach stellt sich die Zusammensetzung der beiden analysirten Dolerite folgendermaassen heraus: es enthalten 100 Theile der Varietät

vom Meissner	von Aulgasse	
47,91	30,06	Labrador
9,27	35,43	Augit
8,97	3,61	titanhaltiges Magneteisenerz
22,21	2,71	lösliches Silicat
11,29	27,75	Carbonate von Fe und Ca.

Dass die Dolerite Islands, Schottlands und der Färöer im Allgemeinen eine analoge Zusammensetzung haben werden, ist wohl sehr wahrscheinlich. Die Analyse einer Isländischen Varietät von Auerbach verweist wenigstens auf Labrador und Augit, und die Untersuchungen von Durocher, welche sich freilich mehr auf anamesitähnliche Varietäten beziehen, haben den feldspathigen Bestandtheil durchaus als Labrador erkennen lassen, während der augitische Bestandtheil dem Diallag oder Hypersthen zu entsprechen scheint ***). Einst-

*) Auerbach in Rammelsbergs Handwörterbuch, S. 199; Abich, Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, S. 118 f.; Bergemann in Karstens und v. Dechen's Archiv, Bd. 21, S. 33 f. Die von Steininger nach Cordier's Methode ausgeführten Untersuchungen haben wohl nur irrigerweise Albit statt Labrador erkennen lassen.

**) Sollten die Bestandtheile dieses muthmaasslichen Silicates nicht aus einer partiellen Zersetzung des Labradors zu erklären sein?

***) *Durocher*, in den *Annales des Mines*, 3. *série*, *t*. 19, 1841, *p*. 549 f. Auch Krug von Nidda bemerkt, dass in den augitreichen Doleriten und Anamesiten Islands Bronzit sehr häufig als Gemengtheil auftritt. Karstens Archiv, Bd. 7, 1834, S. 505.

weilen dürften aber wohl Bergemanns Untersuchungen als diejenigen zu betrachten sein, welche die sichersten Aufschlüsse über die mineralische Zusammensetzung der Dolerite geliefert haben, und bei allen künftigen Untersuchungen zum Anhalten dienen müssen. Daher können wir vor der Hand Labrador, Augit, titanhaltiges Magneteisenerz und kalkhaltigen Eisenspath als die sicher nachgewiesenen wesentlichen Bestandtheile des Dolerites betrachten. Das Verhältniss dieser Bestandtheile ist übrigens sehr schwankend, und namentlich der Augitgehalt keinesweges immer so bedeutend, wie es oft den Anschein hat*).

Das specifische Gewicht der Dolerite beträgt

nach Abich und Bergemann 2,76—2,96
- v. Leonhard 2,75—2,94

jedoch in der Regel über 2,8, was gleichfalls auf kein sehr starkes Vorwalten des Augites schliessen lässt.

Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders zu erwähnen: Sodalit, Melanit oder schwarzer Granat, Nephelin, Glimmer, Bronzit, Hornblende, Olivin, Titaneisenerz und Eisenglanz. Merkwürdig ist es, dass der Olivin, eine in den Basalten so gewöhnliche Erscheinung, in den Doleriten nur sehr selten angetroffen wird**). Die Dolerite enthalten zuweilen Blasenräume, welche mit mancherlei, besonders aber mit zeolithischen Mineralien gänzlich oder theilweise ausgefüllt sind. Sie zeigen oft säulenförmige Absonderung, auch kuglige Gesteinsformen mit concentrisch-schaliger Zusammensetzung, und sind bisweilen in sehr mächtigen (effusiven) Schichten ausgebildet, welche sich auf bedeutende Entfernungen mit der grössten Regelmässigkeit verfolgen lassen; wie z. B. auf den Färöern, auf Island, auf der Kerguelen-Insel und in Vorderindien. Als die wichtigsten Varietäten sind zu unterscheiden:

a) Körniger Dolerit; krystallinisch grobkörnig bis feinkörnig, ohne Blasenräume und ohne eingewachsene grössere Krystalle.

b) Porphyrartiger Dolerit; Varietäten mit eingesprengten grösseren Labrador- oder Augitkrystallen.

c) Doleritmandelstein; Varietäten mit Blasenräumen, welche Zeolithe und andere Mineralien umschliessen.

Anmerkung. Bei dieser Gelegenheit müssen wir doch der Meteorsteine gedenken, obwohl solche eigentlich als Fremdlinge aus einer andern Welt zu betrachten sind, daher sie Shepard in die Astrolithologie verweist. Es giebt nämlich gewisse Meteorsteine, wie z. B. die von Stannern in Mähren, von Smolensk in Russland, und von Juvenas und Jonzac in Frankreich, welche,

*) Der Dolerit des Meissner hielt in dem von Bergemann analysirten Stücke noch nicht einmal 10 Procent Augit. Auch Steininger bemerkte schon, dass dieser Dolerit vorherrschend aus Albit (Labrador) und Magneteisenerz mit wenig Augit bestehe. Geognost. Beschr. des Landes zwischen Saar und Rhein, 1840, S. 5. Hieraus ergiebt sich eine grosse Aehnlichkeit mit den Melaphyren.

**) Nach Krug v. Nidda fehlt in den Isländischen Doleriten der Olivin gänzlich; eben so Hornblende und Glimmer, von denen nirgends eine Spur zu sehen ist.

nach den Untersuchungen von G. Rose, in ihrer wesentlichen Zusammensetzung und sogar in ihrer äusseren Erscheinung mit den Doleriten unseres Planeten fast gänzlich übereinstimmen. Sie sind nämlich krystallinisch-körnige Aggregate von Labrador und Augit, welche dermaassen an Dolerit erinnern, dass Mohs schon im Jahre 1824 die überaus grosse Aehnlichkeit des Meteorsteins von Stannern mit dem Dolerite des Meissner hervorhob*). Indessen hat Shepard neulich gezeigt, dass in dem Meteorsteine von Juvenas der feldspathige Gemengtheil nicht Labrador, sondern Anorthit ist; was auch von Rammelsberg bestätigt wird, welcher zeigt, dass dieser Stein in 100 Theilen aus etwa 60 Augit, 36 Anorthit, 1,5 Chromeisenerz, 0,25 Magnetkies und aus Spuren von Apatit und Titanit zusammengesetzt sei**).

2) **Anamesit** (Trapp grossentheils). Es war ein sehr glücklicher Gedanke von v. Leonhard, für diejenigen, in Island und im nördlichen Europa so häufig vorkommenden Gesteine, welche bald unter dem unbestimmten Namen Trapp mit anderen Gesteinen zusammengeworfen, bald mit dem irreleitenden Namen basaltischer Grünstein bezeichnet wurden, eine besondere Benennung einzuführen, durch welche ihre wahre Stellung mitten zwischen Dolerit und Basalt ausgedrückt werden soll. Dem unabweislichen Bedürfnisse einer bestimmteren Bezeichnung dieser wichtigen, zwar basaltähnlichen, dennoch aber vom Basalte zu unterscheidenden Gesteine wurde durch den von v. Leonhard vorgeschlagenen Namen Anamesit vollkommen abgeholfen.

Die Anamesite sind Dolerite von so feinkörniger Zusammensetzung, dass man mit blosem Auge zwar noch ein krystallinisch-körniges Aggregat, aber nicht mehr die Verschiedenartigkeit seiner mineralischen Bestandtheile zu erkennen vermag. Sie haben eine feinkörnige Masse von meist grünlich-, graulich- oder braunlichschwarzer Farbe, sind schimmernd im Bruche, und schwanken nach v. Leonhard in ihrem specifischen Gewichte von 2,75 bis 2,88, sind also im Allgemeinen etwas leichter als die Basalte***). Sie bestehen zwar wesentlich aus Labrador, Augit und etwas Magneteisenerz, scheinen aber oft nur wenig Augit zu enthalten, und zeigen dann etwas lichtere, grünlichgraue bis schwärzlichgraue Farben. Nach Durocher würde in den Anamesiten Islands und der Färöer der Augit durch Diallag oder Hypersthen vertreten sein; auch fand derselbe, dass sie dort als wasserfreie und wasserhaltige, also wahrscheinlich zeolithhaltige Varietäten (*trapps anhydres* und *hydratés*) zu unterscheiden sind†), und oft etwas kohlensauren Kalk enthalten. Durch

*) Grundriss der Mineralogie, II, 1824, S. 314.

**) Poggend. Annalen, Bd. 73, 1848, S. 587.

***) Nach Durocher sollen jedoch die wasserhaltigen Anamesite der Färöer das sp. Gewicht 3,02 bis 3,07 haben.

†) In den Anamesiten, Basalten und Mandelsteinen vom Riesendamme und von Disco-Island hatte schon Knox im Jahre 1823 einen Gehalt an Wasser und bituminösen Substanzen nachgewiesen. Auch Braconnot erkannte in mehren Basalten, Graniten u. a. Gesteinen Spuren von Ammoniak oder einer empyreumatischen alkalischen Substanz, und glaubte darauf sehr wichtige Folgerungen über die Entstehungsart dieser Gesteine gründen zu können. *Ann. de Chimie et de Phys. t.* 67 1838, *p.* 104.

alle diese Eigenschaften werden die Anamesite als wahre Mittelgesteine zwischen Dolerit und Basalt charakterisirt.

Bemerkenswerth ist auch in ihnen die grosse Seltenheit des Olivins; ein Verhältniss, welches sie näher mit den Doleriten zu verknüpfen scheint, obgleich es auch viele olivinfreie Basalte giebt*). Uebrigens zeigen sie mancherlei Gesteinsformen, unter welchen sich besonders die Säulenform sehr auszeichnet; die herrlichsten Säulengruppen, theils aus einfachen, theils aus gegliederten, gewöhnlich aus geraden, bisweilen aus gekrümmten Säulen bestehend, finden sich an den Anamesiten Islands, Irlands und Schottlands; und die berühmten Colonnaden des Riesendammes, die von W. Hamilton so schön beschriebenen majestätischen Säulengebäude der Vorgebirge Bengore und Fairhead in Irland werden wesentlich von Anamesit, nicht aber von eigentlichem Basalte gebildet. Auch kuglige Absonderung ist keine seltene Erscheinung, und eben so findet sich plattenförmige Absonderung. Auf den Färöern und in Island sind die Anamesite in sehr mächtigen, regelmässigen und weit verbreiteten Schichten abgelagert, welche oft in vielfacher Wiederholung über einander liegen, und zwar als effusive Schichten gelten müssen (S. 498), desungeachtet aber in der Regelmässigkeit ihrer Form und in der Stetigkeit ihrer Ausdehnung mit allen sedimentären Schichten wetteifern können.

Die Anamesite lassen besonders folgende Varietäten unterscheiden:

a) Einfache Anamesite; Varietäten ohne eingesprengte Krystalle, ohne Mandeln und ohne Blasenräume, als compacte und fast homogene Gesteine erscheinend.

b) Porphyrartige Anamesite; Varietäten, welche durch eingesprengte grössere Labradorkrystalle eine porphyrische Structur erhalten.

c) Mandelsteinartige Anamesite; Varietäten, welche grössere und kleinere, mit Zeolithen und anderen Mineralien erfüllte Blasenräume umschliessen.

d) Schlackige Anamesite; Varietäten, welche zwar viele Blasenräume umschliessen, die jedoch leer oder nur mit einem dünnen Ueberzuge versehen sind, so dass sie dem Gesteine ein schlackenähnliches Ansehen ertheilen.

3) **Basalt.** Seitdem Agricola das alte Wort *Basaltes* für gewisse in Sachsen vorkommende Gesteine gebrauchte, hat dieser Name ganz allgemein für alle gleichartigen Gesteine Eingang gefunden, obgleich später von Brongniart einige Varietäten unter dem Namen Basanit abgesondert worden sind.

Ueber die eigentliche Natur des Basaltes sind erst in neuerer Zeit bestimmte Aufschlüsse gewonnen worden. Anfangs hielt man ihn für ein einfaches Mineral, und wies ihm daher einen Platz in den Mineralsystemen an. Seine häufigen Uebergänge in Dolerit führten jedoch später auf die Ansicht,

*) Sartorius v. Waltershausen hebt es hervor, dass dieser Mangel an Olivin durchaus nicht dazu berechtigen könne, die Isländischen Trappe oder Anamesite von der Basaltformation zu trennen; Physisch-geographische Skizze von Island, S. 64.

dass er wohl nur als eine dichte Varietät dieses Gesteines zu betrachten sei; was auch durch Cordier's Untersuchungen basaltischer Laven, so wie durch eine Berechnung von Hessel *) sehr wahrscheinlich gemacht wurde, und in der Hauptsache der Wahrheit weit näher kam. Die genauere Kenntniss seiner mineralischen Zusammensetzung datirt sich jedoch aus dem Jahre 1832, in welchem C. Gmelin zeigte, dass die Basalte, eben so wie die Phonolithe, als sehr innige Gemenge eines in Säure zersetzbaren und eines nicht zersetzbaren Antheils zu betrachten sind, von welchen der erstere theils zeolithartiger, theils labradorähnlicher Natur, der letztere dagegen hauptsächlich Augit ist**). Auch fand Gmelin, dass durch die Verwitterung vorzüglich der zersetzbare Antheil der basaltischen Masse einer Zerstörung und Wegführung unterworfen ist, daher eine und dieselbe Basalt-Varietät im verwitterten Zustande ein geringeres Verhältniss von zersetzbaren Bestandtheilen erkennen lässt, als im frischen und unverwitterten Zustande.

Diese höchst wichtigen Ergebnisse, durch welche die Basalte in die Reihe der wasserhaltigen Gesteine verwiesen wurden, haben nun in den späteren Untersuchungen von Löwe, Girard, v. Bibra, Gräger, Sinding, Petersen, Ebelmen und Bergemann im Allgemeinen ihre vollständige Bestätigung gefunden, wenn auch dabei z. Th. eine etwas andere Methode und eine andere Interpretation befolgt worden ist***). In dieser Hinsicht verdienen besonders die vorbereitenden Versuche von Girard über die Zersetzbarkeit der wichtigsten in den Basalten vorauszusetzenden Bestandtheile erwähnt zu werden, welche folgende Resultate lieferten: es werden zersetzt

	durch Salpetersäure	durch Salzsäure
Zeolithe	vollständig	vollständig
Olivin	theilweise	vollständig
Magneteisenerz	gar nicht	vollständig
Labrador	gar nicht	kalt wenig, heiss vollst.
Augit	gar nicht	nur wenig

Hiernach scheint es zweckmässig, die zu untersuchenden Gesteine erst mit Salpetersäure zu behandeln, bevor man sie der Einwirkung der Salzsäure unterwirft.

Es ist jedoch noch zu erwähnen, dass viele Basalte auch kohlensauren Kalk und andere Carbonate enthalten. Dieser Umstand, welcher von G. Bischof im Jahre 1837 angedeutet, und später als eine sehr allgemeine Eigen-

*) Hessel berechnete nämlich die Analyse eines Böhmischen Basaltes von Klaproth in der Voraussetzung, dass er nach Art der Dolerite zusammengesetzt sei, und fand ein sehr befriedigendes Resultat. Mineralog. Taschenbuch für 1824, S. 119.

**) C. Gmelin in v. Leonhard's Basaltgebilden, I, S. 266 f.

***) Die Analysen von Gmelin, Löwe, Girard, v. Bibra, Gräger, Sinding und Ebelmen finden sich in Rammelsberg's Handwörterbuch, I, S. 76 ff. und im dritten Supplemente S. 24; die Analyse eines Basaltes von Bergemann in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 21, S. 38.

schaft der Basalte hervorgehoben wurde *), scheint bei den meisten Analysen übersehen worden zu sein; wie sehr er aber eine Berücksichtigung verdient, diess lehrt Bergemanns neueste Analyse des Basaltes von Obercassel bei Bonn, in welchem nicht weniger als 22,65 Procent von kohlensaurem Eisenoxydul und kohlensaurer Kalkerde nachgewiesen wurden **). Da nun nach Bischof die meisten Basalte ein Aufbrausen zeigen, wenn sie im gepulverten Zustande mit Säuren behandelt werden, so wird bei künftigen Analysen diese Anwesenheit kohlensaurer Salze sorgfältig zu berücksichtigen sein.

Alle bisherigen Analysen haben das Verhältniss zwischen dem durch Salzsäure zersetzbaren und dem unzersetzbaren Antheile der Basalte als ein unbestimmtes und schwankendes erkennen lassen, wie sich diess auch ganz natürlich erwarten liess. Die Menge des zersetzbaren Antheils schwankt von 36 bis fast 88 Procent. Die Interpretation der Analysen führt aber im Allgemeinen auf das Resultat, dass die Basalte innige Gemenge von Labrador, Augit, Magneteisenerz, und einem zeolithartigen Minerale sind, zu welchen sich sehr häufig noch Olivin, und gewiss in vielen Fällen noch etwas Eisenspath und Kalkspath gesellt. Den Wassergehalt der Basalte bestimmte Girard durch eine Reihe von Versuchen im Mittel zu 2,5 Procent; den grössten Gehalt von 4,2 Procent fand er in dem Basalte von Rognon bei Clermont.

Girard wurde durch die Discussion seiner Analyse des Basaltes vom Wickensteine in Schlesien auf die Vermuthung geführt, dass dieser Basalt Nephelin statt Labrador enthalte; eine Vermuthung, für welche er in dem fettglänzenden Bruche des Gesteins eine Bestätigung zu finden glaubt, und deren Wahrscheinlichkeit durch die Existenz des Nephelindolerites allerdings unterstützt wird. Sollte sie sich auch für andere Fälle bestätigen, so würden die Basalte überhaupt als Labradorbasalte und Nephelinbasalte zu unterscheiden sein ***).

Die Basalte haben stets schwarze Farben; besonders häufig erscheinen sie graulichschwarz und blaulichschwarz, bisweilen bräunlichschwarz oder grünlichschwarz, selten nur schwärzlichgrau und schwärzlichbraun; oft sind sie oberflächlich mit einer aschgrauen oder braunen Verwitterungskruste bedeckt. Ihr Bruch ist uneben, flachmuschelig oder eben im Grossen, und feinkörnig bis splitterig im Kleinen, matt oder schimmernd, selten wenig glänzend (Nephelinbasalt). Sie sind hart, gewöhnlich schwer, ja bisweilen sehr schwer zersprengbar, und schwanken in ihrem spec. Gewichte meistentheils zwischen 2,9 und 3,1 †).

*) Die Wärmelehre des Erdkörpers, S. 316, und Neues Jahrb. für Min. 1843, S. 18.

**) Schon Steininger hatte in demselben Basalte einen bedeutenden Gehalt an diesen beiden Carbonaten erkannt. Geogn. Beschr. des Landes zwischen Saar und Rhein, 1840, S. 4.

***) Der dichte schwarze Basalt, in welchen nach Cotta der Nephelindolerit des Löbauer Berges ganz unmerklich übergeht, dürfte wohl jedenfalls ein solcher Nephelinbasalt sein.

†) Als die Gränzen des sp. Gewichtes ergeben sich nach Hoffmann's Mineralogie an 6 Varietäten: 2,979 — 3,225; nach Schübler an 7 Varietäten:

Bisweilen ist der Basalt gefleckt, indem sich runde oder unregelmässig begränzte, selten fein gestrahlte, dunklere oder lichtere Flecke innerhalb der etwas lichteren oder dunkleren Grundmasse hervorheben, was jedenfalls in einer Concentration gewisser Bestandtheile um viele einzelne Mittelpunkte begründet ist. Mit dieser gefleckten Beschaffenheit ist gewöhnlich eine Neigung zu eckigkörniger Absonderung verbunden, welche zumal in dem etwas verwitterten Gesteine sehr deutlich hervortritt und bisweilen so vollkommen ist, wie die des Kokkolithes.

Unter den accessorischen Bestandtheilen ist vor allen der Olivin als ein höchst charakteristischer zu erwähnen. Derselbe erscheint theils eingesprengt in Körnern oder deutlichen Krystallen, theils auch in rundlichen oder eckigen, nuss- bis faustgrossen, ja bisweilen kopfgrossen Aggregaten von körniger Zusammensetzung. Das Vorkommen des Olivins ist in vielen basaltischen Regionen eine so gewöhnliche Erscheinung, dass man ihn dort mit Recht als einen charakteristischen Gemengtheil des Basaltes betrachten kann. Indessen giebt es auch viele Basalte, in welchen derselbe vermisst wird, weshalb denn auch seine Anwesenheit nicht als eine nothwendige Bedingung für die Anerkennung der basaltischen Natur eines Gesteins gelten kann. August Reuss hebt es hervor, dass in Böhmen besonders die sehr dichten, schwärzlichgrauen Basalte durch einen Olivingehalt ausgezeichnet sind. Nächst dem Olivine ist der, schon in der Grundmasse vorhandene Augit als ein sehr häufig ausgeschiedener Gemengtheil zu nennen; er findet sich in deutlichen, oft zwillingsartig ausgebildeten Krystallen und in krystallinischen Körnern von schwarzer oder dunkelgrüner Farbe. Auch Hornblende erscheint nicht so gar selten, stets als sogenannte basaltische Hornblende, von braunlichschwarzer Farbe und mit höchst vollkommenen stark glänzenden Spaltungsflächen, wodurch sie sich leicht vom Augite unterscheiden lässt. Dabei ist es hervorzuheben, dass das Zusammenvorkommen von Augit- und Hornblendkrystallen in einem und demselben Basalte keineswegs zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört; in Böhmen, bei Kostenblatt und Schima, im Westerwalde, zwischen Härtlingen und Schöneberg, sowie auch in anderen Gegenden sind dergleichen Basalte ziemlich verbreitet*). Labrador findet sich

2,872 — 3,103;

nach den Bestimmungen v. Leonhard's an 18 verschiedenen Varietäten:

2,762 — 3,111;

nach den Bestimmungen von Aug. Reuss an 8 Varietäten:

2,759 — 3,113;

doch nähern sich die meisten Varietäten mehr den oberen Gränzen dieser Angaben; die niedrigeren sp. Gewichte lassen wohl stets einen grossen Antheil von Zeolith vermuthen.

*) Reuss, die Umgebungen von Teplitz und Bilin, S. 179, und Sandberger in Poggend. Ann., Bd. 76, 1849, S. 112. In Sachsen finden sich beide Mineralien zugleich im Basalte des Heilenberges und Gickelsberges; nach Cotta, in Geogn. Beschreib. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft III, S. 60, Heft IV, S. 67. Beudant ging wohl zu weit, wenn er behauptete, dass Hornblende in allen Basalten vorhanden sei (*Voy. min. et géol. en Hongrie, III*, 583).

zuweilen in linien- bis zollgrossen Krystallen, oder in kleinen körnigen Aggregaten; auf ähnliche Weise scheint auch bisweilen Oligoklas vorzukommen. Glimmer, schwärzlichbraun bis messinggelb, ist nicht so gar häufig; zuweilen erscheint statt seiner braunrother bis ziegelrother Rubellan. Dagegen ist Magneteisenerz ein sehr häufiger Bestandtheil, theils in Oktaëdern, theils in Körnern, bisweilen auch als muschliges Magneteisenerz in grösseren Partieen. Als seltnere accessorische Bestandtheile sind noch Zirkon (Var. Hyacinth), Sapphir, Granat (als Melanit und als rother Granat, letzter nach Bürat und Scrope im Berge Crousteix oder Croustet bei Expailly, zugleich mit Sapphir und Hyacinth), Bronzit, Eisenglimmer, Titaneisenerz und Eisenkies zu erwähnen. Quarz ist wohl niemals als wirklicher Gemengtheil des Basaltes erkannt worden, obwohl er zuweilen in Bruchstücken eingeschlossen ist*).

Der Basalt umschliesst nicht selten Blasenräume oder auch unregelmässige Cavitäten von verschiedenen Dimensionen und Formen; in diesen so wie auf Klüften und Rissen des Gesteins pflegen mancherlei Mineralien in der Form von accessorischen Bestandmassen aufzutreten. Dahin gehören zuvörderst eine Menge von Zeolithen, als Stilbit, Desmin, Skolezit, Natrolith, Harmotom, Chabasit, Analcim, Apophyllit, Laumontit u. a.; ferner Prehnit, Arragonit, Kalkspath, Kalktalkspath und Sphärosiderit; Grünerde, Chlorophäit und Steatit oder Speckstein**); endlich Chalcedon in verschiedenen Varietäten, Quarz, Amethyst, Opal und Hyalith. Von diesen Mineralien kommen oft mehre zugleich vor, in welchem Falle ein bestimmtes Gesetz der Aufeinanderfolge Statt zu finden scheint, wie Reuss, Dana und Breithaupt gezeigt haben. Die Nester, Trümer und Mandeln mit zeolithischen Ausfüllungen sind zuweilen so gedrängt in dem Gesteine, durchdringen selbiges dermaassen nach allen Richtungen, und sind mit ihm so innig verwachsen, dass man in solchen Fällen kaum an ursprünglich leere und erst später ausgefüllte Räume denken kann***).

Von fremdartigen Einschlüssen sind Fragmente anderer Gesteine eine in den Basalten häufig vorkommende Erscheinung, und wir werden später sehen, welche merkwürdige Veränderungen diese Einschlüsse oft wahrnehmen lassen. Organische Ueberreste kommen meist nur in Basalttuffen, nicht aber in wirklichen Basalten vor, obwohl es an und für sich gar nicht

*) *Poullet Scrope* erwähnt in seinem *Memoir on the Geology of central France*, 1827, einen Basalt von Saint-Genest-de-Champanelle, welcher Quarz, theils in eingesprengten Körnern und Krystallen, theils als einen in der Grundmasse versteckten Gemengtheil enthält.

**) Ein sogenannter Speckstein von meist smalteblauer aber auch von weisser, gelber, brauner und grüner Farbe, kommt in den Blasenräumen der Basalte des Westerwaldes sehr häufig vor, weshalb ihn Stifft als Basaltspeckstein beschrieb. Geogn. Beschr. des Herzogth. Nassau, 1831, S. 211 u. 220.

***) Doch kommt eine solche Anhäufung dieser Bestandmassen mehr in den Wackenmandelsteinen, als in den eigentlichen Basaltmandelsteinen vor.

undenkbar ist, dass einzelne organische Körper zufällig von Basalten umschlossen wurden*).

Der Basalt ist besonders ausgezeichnet durch seine Gesteinsformen, indem namentlich die säulenförmige Absonderung bei ihm eben so schön und regelmässig angetroffen wird wie bei dem Anamesite, und auch für ihn als ein ganz gewöhnliches Gestaltungsverhältniss zu betrachten ist; die Säulen zeigen alle Modalitäten der Formen und Dimensionen, und gehen einerseits in dicke Pfeiler, anderseits in schmale, spitz pyramidal gestaltete Stäbe oder Scheite über. Auch plattenförmige Absonderung ist manchen Basalten eigen; die Platten haben meist eine Stärke von einigen Zoll bis zu einem Fusse; doch kommen auch sehr dünnplattige Basalte vor, deren Platten nur $\frac{1}{4}$ bis 1 Zoll stark, dennoch aber sehr ebenflächig ausgedehnt sind; (Salesl zwischen Aussig und Lobositz, am Rattensteine**) bei Rittersdorf.) Oft ist die plattenförmige Absonderung mit der säulenförmigen verbunden, indem die Säulen rechtwinkelig oder schräg auf ihre Axe von lauter parallelen Klüften durchschnitten werden. Sehr häufig findet sich die kugelförmige Absonderung, welche mehr oder weniger regelmässige sphäroidische Körper liefert, gewöhnlich mit einer concentrischschaligen Absonderung verbunden ist, und theils an säulenförmigen Basalten, in Folge einer kugligen Zerwitterung ihrer Säulen, theils auch an massigen und ausserdem nicht abgesonderten Varietäten vorkommt; bei den letzteren erscheint sie oft nur als eine rundknollige Absonderung.

Uebergänge zeigt der Basalt in Anamesit, Dolerit, Phonolith und Lava, welche letztere grossentheils nichts Anderes, als schlackig ausgebildeter Basalt ist.

Als die wichtigsten Varietäten des Basaltes möchten etwa folgende zu unterscheiden sein:

a) Einfacher Basalt; Varietäten, welche gar keine oder doch nur ganz sporadisch vorkommende Einschlüsse von Krystallen, Körnern oder Mandeln zeigen.

b) Porphyrartiger Basalt (Basaltporphyr); Varietäten mit mehr oder weniger zahlreichen krystallinischen Einsprenglingen von Olivin, Augit, Hornblende oder Feldspath, von welchen oft zwei oder mehre zugleich vorkommen; sie enthalten auch nicht selten einzelne Mandeln.

c) Mandelsteinartiger Basalt (Basaltmandelstein); Varietäten mit mehr oder weniger zahlreichen Mandeln oder Nestern, welche Zeolithe und andere Mineralien umschliessen; sie enthalten auch nicht selten eingesprengte Krystalle.

*) So wie jetzt noch Baumstämme von Lavaströmen eingehüllt werden, so muss ja wohl Aehnliches zur Zeit der Basalteruptionen vorgekommen sein. Im Derwent-Thale auf Vandiemensland sind auch in einem porösen schlackigen Basalte verkieselte Holzstücke und Baumstämme gefunden worden. Neues Jahrb. für Min. 1848, S. 838. Aehnliches kennt man von Kerguelen-Island und vom Westerwalde.

**) Hier sind die Basaltplatten oft so regelmässig und dünn, dass man sie in den benachbarten Dörfern statt eiserner Bleche benutzt, um Kuchen darauf zu backen; Cotta in Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen, Heft IV, S. 84.

d) Schlackiger Basalt; Varietäten, welche von vielen leeren, meist regellos gestalteten Blasenräumen durchzogen werden, und dadurch ein schlackenähnliches Ansehen erhalten.

4) **Wacke** *). Mit diesem Namen werden bald eigenthümliche, thonsteinähnliche Varietäten basaltischer Gesteine, bald sehr homogene Basalttuffe bezeichnet; wir nehmen das Wort immer in der ersteren Bedeutung.

Die Wacke ist ein scheinbar einfaches kryptomeres Gestein von dichter oder feinkörniger bis erdiger Grundmasse, von ebenem bis flachmuscheligem Bruche, weich und mild, grünlichgrau bis blaulichgrau und aschgrau, und daraus in verschiedene grüne, braune und graue, meist schmutzige Farben verlaufend, matt, jedoch im Striche glänzend. Nach Cordier's Untersuchungen hat sie zwar eine den Basalten analoge Zusammensetzung, doch befinden sich ihre Bestandtheile in einem mehr oder weniger auffallenden Zustande der Zersetzung, daher sie auch nur sehr schwierig zu erkennen und zu unterscheiden sind. Ihr specifisches Gewicht ist immer geringer, als das der Basalte, und beträgt etwa 2,3 — 2,6. Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders Glimmer, Augit, Hornblende, Magneteisenerz und Grünerde zu erwähnen.

Die Wacke ist fast stets mit Blasenräumen und anderen Cavitäten versehen, welche zuweilen so gross werden, dass sie förmliche kleine Höhlen bilden, und gewöhnlich mit mancherlei Zeolithen (zumal Stilbit und Desmin), mit Chalcedon und anderen Mineralien gänzlich oder theilweise ausgefüllt sind. Sie erscheint daher in der Regel als Wackenmandelstein, und ist in dieser Form auf Island, auf den Färöern, in Schottland u. a. Gegenden sehr verbreitet, wo sie in mächtigen Schichten zwischen den dortigen Anamesiten auftritt.

5) **Nephelindolerit.** Dieses Gestein, welches man früher für gewöhnlichen Dolerit hielt, ist zuerst von C. v. Leonhard unter diesem Namen als eine eigenthümliche Gesteinsart eingeführt worden **).

Der Nephelindolerit ist in seinen gewöhnlichen Varietäten ein krystallinisch-körniges Aggregat von Nephelin, Augit und etwas Magneteisenerz. Der grünlichweisse bis grünlichgraue, graulichweisse bis gelblichgraue, auch wohl röthlichgraue und gelblichbraune Nephelin ist meist in krystallinischen Körnern, bisweilen in deutlichen hexagonal-säulenförmigen Krystallen ausgebildet, und an seinem muschligen Bruche, seinem Fettglanze und seiner Zersetzbarkeit in Salzsäure mit Hinterlassung von Kieselgallert leicht zu erkennen. Der Augit ist schwarz und zeigt oft deutlich die gewöhnliche Krystallform des basaltischen Augites. Das Magneteisenerz erscheint in sehr feinen bis erbsengrossen Körnern oder Krystallen. Das Gestein ist theils grobkörnig theils kleinkörnig, und zeigt bald den Nephelin, bald den Augit als den vor-

*) Ein der teutschen Bergmannssprache entlehntes Wort von sehr unbestimmter Bedeutung, welches auch in manchen zusammengesetzten Namen wiederkehrt, wie die Worte Grauwacke, Rauchwacke lehren.

**) In seinem Werke: Die Basaltgebilde, I, S. 158, nachdem er schon weit früher im Jahre 1822 mit C. Gmelin die Existenz eines solchen Gesteins am Katzenbuckel im Odenwalde nachgewiesen hatte.

waltenden Gemengtheil. Von accessorischen Bestandtheilen kennt man Apatit, in dünnen, säulenförmigen oder nadelförmigen Krystallen von weisser Farbe, Sanidin, Olivin und Titanit.

Diese körnigen Nephelindolerite finden sich sehr ausgezeichnet bei Löbau in Sachsen, bei Meiches in Hessen, bei Tichlowitz, Schreckenstein und Klein-Priesen in der Gegend von Aussig in Böhmen.

Die Varietäten von Meiches und Löbau werden stellenweise so feinkörnig und dicht, dass sie vom Basalte nicht mehr zu unterscheiden sind. An diese dichten Nephelindolerite würde sich der Basalt vom Wickensteine in Schlesien anschliessen, wenn sich die von Girard aus seiner Analyse gefolgerte Ansicht bestätigt. Auch das unter dem Namen Selce Romano bekannte Gestein vom Capo di Bove bei Rom, von dunkel schwärzlichgrauer Farbe und sehr feinkörniger bis dichter Zusammensetzung, welches nach der Untersuchung von Fleuriau-de-Bellevue ein mikrokrystallinisches Aggregat von Augit, Nephelin, Magneteisenerz, Leucit und Melilith ist, dürfte als ein fast dichter Nephelindolerit zu betrachten sein. Dasselbe gilt von manchen ganz ähnlichen Laven des Albaner Gebirges bei Rom.

Der körnige Nephelindolerit des Katzenbuckels im Odenwalde wird gleichfalls nicht selten höchst feinkörnig, und umschliesst dann viele einzelne grössere Nephelinkrystalle, welche ihm eine porphyrische Structur verleihen, so dass sich diese Varietät als porphyrartiger Nephelindolerit bezeichnen lässt *).

6) **Leucitophyr** (Leucitlava, Leucilit, Sperone). Wie der Nephelindolerit so ist auch dasjenige Gestein den Doleriten sehr nahe verwandt, welches man wegen seiner wesentlichen Zusammensetzung aus Leucit mit dem Namen Leucitlava oder Leucitophyr belegt hat. Diese Gesteine sind krystallinisch-körnige Aggregate aus Leucit, Augit, und etwas Magneteisenerz, zu welchen sich auch bisweilen Glimmerblätter und hier und da, als mehr accessorische Gemengtheile, Labrador, Nephelin und Olivin gesellen, durch welche die Leucitophyre mit den Doleriten und Nephelindoleriten in Verbindung gebracht werden. Meist haben sie eine aschgraue oder röthlichgraue Grundmasse, in welcher graulichweisse, erbsen- bis haselnussgrosse Leucitkrystalle und schwarze oder dunkelgrüne Augitkrystalle eingewachsen sind, daher sie eine porphyrische Structur besitzen.

Zu diesen deutlich zusammengesetzten Leucitophyren, welche sehr ausgezeichnet im Albaner Gebirge bei Rom, in dem alten Vulcane von Roccamonfina **), in der Somma am Vesuv und bei Rieden unweit Andernach vorkommen, verhalten sich die meisten neueren Laven des Vesuv etwa so, wie die Anamesite zu den Doleriten, indem sie wesentlich aus denselben Bestandtheilen, Leucit, Augit, Olivin und Magneteisenerz bestehen, ohne jedoch solche immer deutlich erkennen zu lassen. Zwar ist diess noch mit dem

*) Die wichtigsten Nachweisungen über den Nephelindolerit gaben: v. Leonhard und Gmelin in ihrer Schrift: Nephelin im Dolerit, 1822; Gumprecht, in Poggend. Ann., Bd. 42, S. 174; Klipstein, in Karstens und v. Dechens Archiv Bd. 14, 1840, S. 248 f. und G. Rose, ebendaselbst, S. 261 f.

**) Hier kommen die Leucitkrystalle bis zu einem Durchmesser von 9 Centimeter vor. *Pilla in Comptes rendus, t.* 21, 1845, *p.* 326.

Augite und Olivin der Fall; die Leucite aber erscheinen in der schwarzen oder dunkelgrauen Grundmasse dieser Laven gewöhnlich nur als kleine, aschgraue oder graulichweisse Körner von muschligem Bruche, über deren Natur man lange zweifelhaft war, bis Abich den Beweis lieferte, dass sie wirklich die chemische Zusammensetzung eines natron- und kalihaltigen Leucites haben *).

Anmerkung. Anhangsweise mag noch hier des von Gemmellaro sogenannten Analcimites von den Cyclopen-Inseln gedacht werden. Derselbe ist eigentlich ein olivinhaltiges dolerit- und anamesitähnliches Gestein, welches aber so viel Analcim enthält, dass solcher ungefähr zwei Drittheile der ganzen Gesteinsmasse ausmacht. Auf Klüften und Blasenräumen ist der Analcim in schönen Krystallen ausgeschieden.

§. 186. *Familie der Lava.*

Wir können in der That nichts Besseres thun, als den gegenwärtigen Paragraph mit Leopold von Buch's trefflichen Bemerkungen zu eröffnen, durch welche im Jahre 1806 der wahre Begriff von Lava festgestellt worden ist.

„Was ist Lava?" so fragt er, und giebt uns, nach einigen Bemerkungen über die verschiedene Bedeutung des Wortes und über die Schwierigkeit seiner wissenschaftlichen Fixirung, die Antwort auf diese Frage wie folgt.

„Alles ist Lava, was im Vulcane fliesst, und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten einnimmt. Also nicht Kalkstein, nicht Tuff und Asche von Herculanum **), nicht Wacke von Sorrent oder Monte Verde. Lavaströme sind die fliessenden Massen von der Höhe gegen den Fuss des Vulcans; Lavaschichten die, welche sich im Berge auf einander häuften; Lavastücke die ausgeworfenen und abgerissenen Stücke von Schichten und Strömen. Das Unterscheidende der Lava liegt also durchaus nicht in der Substanz. Und wenn auch Kalkstein flüssig vom Berge herabkäme, so wäre es doch Lava. Die Natur der Masse entscheidet es nicht. Es ist also kein mineralogischer (oder petrographischer) Begriff, vielmehr eine geologische Bestimmung. Und deswegen ist es unmöglich, eine gemeinschaftliche Charakteristik der Massen zu finden, aus welchen die Laven

*) Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, S. 128.

**) Wie die Artisten in Neapel die weissen körnigen Kalksteine vom Abhange des Vesuv unter dem Namen weisse Lava verarbeiten, oder die Antiquare die Tuffschichten über Herculanum bisweilen Lava nennen.

bestehen. Es wäre, als verlangte man eine allgemeine äussere Beschreibung der Substanz, welche die Gänge ausfüllt"*).

So weit Leopold v. Buch. Also knüpft sich an das Wort Lava überhaupt durchaus nicht die Vorstellung einer bestimmten Gesteinsart, sondern die Vorstellung sehr verschiedener Gesteinsarten, welche jedoch unter eigenthümlichen und gleichartigen Bedingungen entstanden sind. Das Eigenthümliche und zugleich das Gleichartige dieser Bedingungen besteht aber darin, dass alle Laven die Producte wirklicher Vulcane sind, dass man also Kratere oder doch wenigstens analoge Ausbruchsöffnungen nachweisen kann, aus welchen sie unter ähnlichen Umständen und Erscheinungen hervorbrachen, wie solche die Eruptionen der noch jetzt thätigen Vulcane zu begleiten pflegen. Und so gelangen wir denn wesentlich auf die, bereits oben S. 155 angedeutete Definition, dass Lava alles dasjenige Material ist, was im Zustande feuriger Flüssigkeit aus einem vulcanischen Berge oder vulcanischem Schlunde ausfliesst und ausfliegt, oder einstmals ausgeflossen und ausgeflogen ist. Auf diese Weise wird die bereits erstarrte mit der noch flüssigen Lava, werden die Bomben und Schlackenstücke mit den Lavaströmen in einem und demselben Begriffe zusammengefasst, während zugleich die ausgeworfenen Krystalle und alle durch Zermalmung und Zerreibung der bereits erstarrten Massen gebildeten Auswürflinge von dem Umfange dieses Begriffes ausgeschlossen werden. Denn der Sprachgebrauch hat sich nun einmal dafür entschieden, nur dasjenige Material Lava zu nennen, welches aus einem Vulcane zu Tage gefördert wurde, und sich im Momente der Ausförderung noch in einem geschmolzenen, oder doch noch nicht völlig erstarrten Zustande befand**).

Fragen wir nun aber, von welcher Art diejenigen Gesteine sind, für welche sonach der Begriff Lava seine Anwendbarkeit findet, so lehrt uns eine genauere Untersuchung, dass diese Frage durch eine Verweisung auf die beiden vorhergehenden Gesteinsfamilien ihre wesentliche Beantwortung finden dürfte. Es sind fast lauter Gesteine der Trachyt- und Basaltfamilie, welche in der Form von Lavaströmen, Lavaschichten und

*) Geogn. Beobb. auf Reisen durch Deutschland und Italien, II, 1809 (schon 1806 gedruckt), S. 175.

**) „*Le mot lave,*“ sagte *Elie de Beaumont*, „*désigne des masses, dans lesquelles on trouve combinés les effets d'un phénomène de mouvement, ou d'hydrodynamique, et d'un phénomène de refroidissement.*“ *Bull. de la soc. géol. t. IV, p.* 231. Man vergleiche auch die Bemerkung von Beudant, oben S. 155, Anm.

Lava-Auswürflingen auftreten. Daher figurirt denn auch der Ausdruck ,,Familie der Lava" nur als Titel für den gegenwärtigen Paragraphen; denn wir begegnen unter den Laven keinem Gesteine, welches nicht schon in einer der beiden genannten Gesteinsfamilien seine Stelle gefunden hätte, oder doch wenigstens finden könnte.

Indessen sind es, ausser den eigenthümlichen Ablagerungsformen, besonders zwei Umstände, durch welche sich die lavaartigen Varietäten dieser Gesteine von den übrigen Varietäten unterscheiden; erstens, ihr gewöhnlich wasserfreier Zustand, indem die bisher untersuchten Laven nur selten einen Wassergehalt gezeigt haben*), wenn sie auch ausserdem mit den entsprechenden wasserhaltigen Gesteinen der Trachyt- oder Basaltfamilie die grösste Aehnlichkeit besitzen; und zweitens, ihre oft so vesiculose, schwammige und schlackige Ausbildung.

Dieser letztere Umstand ist es besonders, welcher den eigentlichen Laven einen so ganz eigenthümlichen Habitus ertheilt, und ihnen in Jedermanns Augen so entschieden das Gepräge von Feuergebilden aufdrückt, dass man früher in dem Wahne befangen war, ein jedes wirklich pyrogene Gestein müsse auch nothwendig von ähnlicher Beschaffenheit sein, oder doch wenigstens von schlackigen Bildungen begleitet werden. Allein diese schlackige Ausbildung der Lava ist vorzüglich nur an der Oberfläche der Ströme und an den kleineren Massen zu finden, welche als lose Auswürflinge zu Tage gefördert wurden; wogegen die tieferen Theile der grösseren Lavaströme eine so vollkommen steinartige Beschaffenheit zeigen, wie sie nur an Porphyr, Basalt und Trachyt gefunden wird. Sogar die Obsidianströme, welche in ihren oberflächlichen Theilen theils als vollkommenes Glas, theils als schaumartiger Bimsstein ausgebildet sind, nehmen in ihren tieferen Theilen eine ganz steinartige Natur an**).

*) Nach den Untersuchungen von Kennedy, Girard und Löwe. Dagegen hat Abich in den Laven der Pianura und des Monte-nuovo einen Wassergehalt nachgewiesen, und der 3 bis 4 Procent betragende Verlust, welchen Dufrénoy bei seinen Analysen vesuvischer Laven erhielt, dürfte gleichfalls auf einen Wassergehalt schliessen lassen. *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, IV, p.* 368.

**) »Es ist für alle Lavaströme ein Gesetz, auf ihrer Oberfläche schlackenförmig porös, dichter in der Mitte, völlig dicht in den unteren Theilen zu sein. Sehr irrig glaubt man häufig, dass die Porosität, das Blasige zur Natur der Lava gehöre, und ihr unumgänglich wesentlich sei.« Leopold v. Buch, Geogn. Beobb. II, S. 174. Nur unmittelbar an der unteren Gränzfläche findet sich wieder schlackige Ausbildung ein.

Will man daher die mineralische Zusammensetzung einer Lava studiren, so hat man seine Aufmerksamkeit mehr den tieferen, steinartigen, als den oberen, schlackigen Theilen zuzuwenden*). Dass aber auch diese schlackigen Gesteine gewöhnlich ganz krystallinisch ausgebildet sind, davon überzeugt man sich leicht, wenn man den Querbruch der die Blasenräume und Höhlungen trennenden Wände unter der Loupe oder dem Mikroskope betrachtet; man wird dann in der Regel, sofern es nicht glasartige Laven sind, eine mikrokrystallinische Zusammensetzung derselben erkennen.

Da es also wesentlich gewisse Gesteine der Trachyt- und Basaltfamilie sind, welche die Laven geliefert haben, so werden sich auch die meisten Lava-Arten nicht besser charakterisiren lassen, als durch die Angabe derjenigen Gesteine, mit welchen sie die grösste Aehnlichkeit besitzen. Demgemäss erhalten wir folgende Uebersicht einiger der wichtigsten Lava-Arten.

A) Laven der Trachytfamilie.

Soweit die Beobachtungen reichen, sind es nur die quarzfreien Gesteine der Trachytfamilie, welche wirkliche Laven geliefert haben.

a) Trachytlava; Lava, welche die wesentlichen Eigenschaften der Trachyte besitzt, also in einer dichten, porosen oder halbglasigen Grundmasse Krystalle oder Körner von Sanidin umschliesst. Hierher gehören z. B. mehre Laven der Phlegräischen Felder bei Neapel, besonders die Lava der Solfatara, ebenso die Lava del Arso und der Punta Carnacchia auf der Insel Ischia, die Lava von Cuzeau in der Auvergne und viele andere.

b) Phonolithlava; Lava, welche nach ihrer Zusammensetzung und Structur dem Phonolithe am nächsten verwandt ist; dahin gehört unter anderen die unter dem Namen Piperno bekannte Lava von Pianura in den Phlegräischen Feldern. Sie ist besonders dadurch ausgezeichnet, dass in der porosen hellgrauen Grundmasse dichtere, dunkelgraue bis fast schwarze, langgezogene Lagen von einem Zoll bis zu mehren Fuss Länge in völlig paralleler Anordnung eingeschaltet sind, welche dem Gesteine im Querbruche ein gestreiftes, geflammtes und länglich geflecktes Ansehen ertheilen**). Abich hat gezeigt, dass diese Lava in ihrer chemischen Zusammensetzung mit dem Phonolithe wesentlich überein-

*) Früher begnügte man sich freilich mehr mit dem Studio der Oberfläche der Lavaströme; daher findet man in denen aus älteren Zeiten stammenden Sammlungen eine Menge von Schlacken, aber nur selten Stücke aus den tieferen Theilen der Ströme.

**) So wird der Piperno, und gewiss sehr richtig, von Leopold v. Buch und von Breislak beschrieben. Andere, wie z. B. Dufrénoy und Rozet, betrachten die dunklen Partieen als Fragmente, und halten das ganze Gestein für eine Breccie, wofür wenigstens die in den Sammlungen befindlichen Exemplare keinesweges sprechen.

stimmt, und, eben so wie dieser, aus einem in Säure auflöslichen wasserhaltigen Silicate von zeolithartiger Natur, und aus einem in Säure unauflöslichen Silicate (Sanidin) besteht; dasselbe Resultat fand er für die Lava des Monte-nuovo, welche stellenweise eine plattenförmige Absonderung wie Phonolith zeigt*).

c) **Obsidianlava**; Lava, die wesentlich aus Obsidian besteht; Teneriffa, Ischia, Island.

d) **Bimssteinlava**; sie kommt öfter in der Form loser Auswürflinge als in wirklichen Strömen vor; das letztere ist z. B. der Fall auf Lipari (am Capo Castagno) und auf Vulcano.

e) **Andesitlava**; der Andesit scheint nur sehr selten in eigentlichen Lavaströmen aufzutreten.

f) **Trachydoleritlava**; in den oberen Lavaschichten des Val di Bove am Aetna, am Pic von Teneriffa.

B) Laven der Basaltfamilie.

Die als Lava gebildeten Gesteine der Basaltfamilie unterscheiden sich, abgesehen von ihrem oft sehr schlackigen Ansehen, von den ähnlichen in § 185 beschriebenen Gesteinen nur dadurch, dass sie gewöhnlich kein Wasser und in ihren Blasenräumen keine Zeolithe so wie überhaupt äusserst selten Ausfüllungen enthalten**).

a) **Doleritlava.** Viele Laven des Aetna und des Stromboli, welche in der That nur Aggregate von Labrador, Augit und etwas Magneteisenerz sind.

b) **Basaltlava.** Die meisten Laven Centralfrankreichs sind den Basalten so ähnlich, dass sie von ihnen petrographisch gar nicht unterschieden werden können. Es ist dieselbe schwarze bis schwärzlichgraue Grundmasse mit Augitkrystallen und Olivinkörnern, es ist dieselbe, oft prächtige säulenförmige Absonderung, welche an den dortigen basaltischen Lavaströmen, wie an den nicht vulcanischen Basalten Böhmens oder Sachsens vorkommt.

c) **Leucitlaven.** Sie sind nichts Anderes, als die S. 655 beschriebenen Leucitophyre; auch gehören, wie ebendaselbst bemerkt wurde, viele dunkelgraue und schwarze, auf den ersten Anblick eher an basaltische Laven erinnernde neuere Laven des Vesuv hierher.

Während die Laven der Trachytfamilie meist graue und bisweilen ziemlich helle Farben haben, so erscheinen die der Basaltfamilie gewöhnlich dunkelfarbig und schwarz, im schlackigen Zustande jedoch häufig braun und roth, was aus einer höheren Oxydation des Eisens während ihrer Erstarrung an der

*) Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulcan. Bildungen, S. 39 f.

**) Breislak führt in seinem Lehrbuche der Geologie, III, S. 350, Beispiele vom Vorkommen zeolithischer Mineralien in den Laven des Monte Somma an. Auch hat Durocher gefunden, dass sehr viele Laven Spuren von kohlensaurem Kalk enthalten. *Comptes rendus, t.* 25, 1847, *p.* 210.

Luft zu erklären ist. Uebrigens ist der Habitus der Laven überhaupt ausserordentlich manchfaltig und schwankend*) und, bei mikrokrystallinischer Zusammensetzung, die Erforschung ihrer wahren Natur mit grossen Schwierigkeiten verbunden, weshalb denn auch die Beschreibung und Diagnose der Laven grossentheils noch auf sehr unsicheren Grundlagen beruht. Das äussere Ansehen ist oft sehr trügerisch, indem Lava-Varietäten von wesentlich abweichender Zusammensetzung einander äusserlich sehr ähnlich erscheinen können, und umgekehrt. Wir glauben uns daher in einem noch so unsicheren Gebiete auf diese wenigen Andeutungen beschränken zu müssen, und beschliessen die Betrachtung der Laven mit folgender sehr triftigen Bemerkung v. Leonhards:

„Eine scharfe und bestimmte Charakteristik der Laven ist sehr schwierig, wohl kaum möglich. Bei dem Ungleichen des Materials, woraus die Lava gebildet wird, bei dem Manchfaltigen der Bedingungen, unter welchen sich die Lava vor der Eruption im Vulcan befand, bei dem Verschiedenartigen der Intensität der Wärme und der vielfachen Umwandlungsgrade, welche die Substanzen erfahren, auf welche die vulcanischen Gewalten einwirken, ist eine vergleichende Zusammenstellung der Erzeugnisse verschiedener Vulcane sehr misslich, und kann nur zu mehr oder weniger schwankenden Resultaten führen. Selbst nachbarliche Vulcane zeigen sich wesentlich verschieden in ihren Erzeugnissen. Dazu kommt die Unbekanntschaft mit den Producten so vieler fernländischen Vulcane, und der Umstand, dass in den meisten Sammlungen nur Schlacken zur Untersuchung geboten sind, welche in der Umgegend des Kraters, oder von der Oberfläche der Ströme weggenommen worden. Sonach würde man die Laven nach ihren Oertlichkeiten, nach den verschiedenen Vulcanen abzutheilen, und die Erzeugnisse eines jeden für sich zu behandeln haben. Allein ein solches Verfahren würde nothwendig zu manchen nutzlosen Weitläufigkeiten und Wiederholungen führen, wie diess die vorhandenen Abtheilungsversuche der Laven darthun **).

Dritte Ordnung. Krystallinische Haloidgesteine.

§. 187. *Familie des Kalksteins.*

Zu dieser Familie gehören alle diejenigen Gesteine, welche wesentlich ganz oder doch grösstentheils aus kohlensaurem Kalk bestehen, daher wir denn auch den Dolomit zu ihr rechnen, in welchem, eben so wie in allen dolomitischen Kalksteinen, doch immer das Kalk-

*) Obgleich in einem und demselben Strome, in einer und derselben Schicht ein ziemlich constanter Habitus obzuwalten pflegt, und nur die Variationen der schlackigen Ausbildung eine grössere Manchfaltigkeit herbeiführen.

**) Charakteristik der Felsarten, S. 443.

carbonat als der vorwaltende Bestandtheil zu betrachten ist. Aus demselben Grunde sind auch die Mergel mit in diese Familie zu verweisen*).

Die eigentlichen Kalksteine bestehen wesentlich nur aus kohlensaurem Kalke; der eigentliche oder normale Dolomit dagegen ist eine Verbindung von einem Aequivalent Kalkcarbonat mit einem Aequivalente Magnesiacarbonat, enthält also doch noch 54,3 Procent kohlensaurer Kalkerde. Allein es giebt viele Gesteine, in welchen die genannten beiden Carbonate in anderen Verhältnissen auftreten, wobei dann in der Regel weniger kohlensaure Magnesia vorhanden ist, und theils bestimmte stöchiometrische Proportionen, theils aber auch ganz unbestimmte Verhältnisse obwalten. Zwar hat Karsten gezeigt, dass die Mehrzahl der Dolomite wirklich die vorerwähnte normale Zusammensetzung besitzt**); doch folgt aus den früheren Untersuchungen von L. Gmelin und aus vielen späteren Analysen anderer Chemiker, dass auch wirklich andere, und z. Th. unbestimmte Verhältnisse der Zusammensetzung vorkommen, wie diess ja bei der isomorphen Natur der Magnesia und Kalkerde gar nicht befremden kann. Indessen lassen sich dergleichen Gesteine auch als innige Gemenge von Kalkstein und Dolomit betrachten, wofür Karsten die Thatsache anführt, dass aus ihnen durch verdünnte Essigsäure, bei einer Temperatur unter 0° C., der kohlensaure Kalk allein, mit Hinterlassung von normalem Dolomit, abgeschieden werden kann***). Jedenfalls aber ist es wohl erlaubt, solche Gesteine dolomitische Kalksteine zu nennen, um den bedeutenden Gehalt an Magnesiacarbonat, oder um die Beimengung von Dolomit auszudrücken.

Viele Gesteine der Kalksteinfamilie, namentlich die Dolomite, enthalten oft etwas kohlensaures Eisenoxydul, bisweilen auch etwas kohlensaures Manganoxydul, und sehr viele sind durch Beimengungen von Quarzsand, Kiesel, Thon, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, Kohle, Bitumen u. a. Substanzen mehr oder weniger verunreinigt, wodurch zum Theil besondere Gesteinsvarietäten bedingt werden. Der Bitumengehalt der Kalksteine giebt sich oft durch den eigenthümlichen, an Kohlenwasserstoff erinnernden Geruch zu erkennen, welchen sie beim Anschlagen oder

*) Der oben S. 597 betrachtete Kalkdiabas ist eines von den wenigen Gesteinen, welche die krystallinischen Silicatgesteine mit den Haloidgesteinen in Verbindung bringen.

**) Archiv für Min. u. s. w. Bd. 17, 1828, S. 59 ff.

***) Archiv für Min. u. s. w. Bd. 22, 1848, S. 570.

Reiben von sich geben, daher man sie stinkenden Kalkstein (*calcaire foetide*) zu nennen pflegt.

Die Mergel sind grösstentheils innige Gemenge von kohlensaurem Kalke mit Thon und Kiesel, also sehr unreine dichte Kalksteine; doch giebt es auch Mergel, welche hauptsächlich aus Dolomit und ähnlichen Beimengungen bestehen, weshalb denn Kalkmergel und Dolomitmergel unterschieden werden. Obwohl beide ein sehr unkrystallinisches Ansehen haben, so ist doch ihr vorwaltender Bestandtheil gewiss im krystallinischen Zustande ausgebildet, daher wir denn auch kein Bedenken tragen, sie, eben so wie die dichten Kalksteine, mit in die Abtheilung der krystallinischen Haloidgesteine aufzunehmen.

Ueberhaupt sind alle Gesteine der Kalksteinfamilie krystallinische, und zwar theils phanerokrystallinische, theils kryptokrystallinische Gesteine; die ersteren pflegt man körnige, die letzteren dichte Kalksteine oder Dolomite zu nennen. Allein es ist schon oben gelegentlich bemerkt worden, dass auch die dichtesten Kalksteine unter dem Mikroskope eine krystallinisch-körnige Structur erkennen lassen; auch werden die grobkörnigen Kalksteine durch die feinkörnigen Varietäten mit den dichten Kalksteinen in so unmittelbare Verbindung gebracht, dass nirgends eine scharfe Gränzlinie gezogen werden kann.

Wie verschieden nun auch die Gesteine der Kalksteinfamilie erscheinen mögen, so kommt ihnen doch das gemeinschaftliche Merkmal zu, dass sie sich in Säuren unter mehr oder weniger lebhaftem Aufbrausen gänzlich oder grösstentheils auflösen. Die eigentlichen Kalksteine zeigen dieses Aufbrausen schon, wenn sie in grösseren Stücken mit kalter Säure benetzt werden; die Dolomite dagegen lassen das Aufbrausen erst dann recht deutlich wahrnehmen, wenn man ihr Pulver in erwärmter Säure behandelt*). Auch giebt v. Zehmen an, dass feines Kalksteinpulver, auf Platinblech über der Spiritusflamme geglüht, etwas zusammenbäckt, und selbst dem Platine adhärirt, wogegen Dolomitpulver ganz locker bleibt, und sich nur während des Glühens etwas aufbläht. Endlich unterscheiden sich auch die Kalksteine von den Dolomiten durch ihr specifisches Gewicht, welches für die Kalksteine 2,6—2,7, für die Dolomite dagegen 2,8 — 2,9 zu betragen pflegt, wie denn auch die letzteren etwas härter sind, als die ersteren. Doch ist die Härte aller hierher gehörigen Gesteine immer weit geringer, als die der ihnen bisweilen ähnlichen quarzigen und feldspathigen Gesteine; sie lassen sich

*) Indessen kommen doch bisweilen Dolomite und dolomitische Mergel vor, welche sich auch in grösseren Stücken unter Aufbrausen in Säuren auflösen.

mit dem Messer leicht ritzen, was gewöhnlich das erste Unterscheidungsmittel abzugeben pflegt.

Da es bisweilen in theoretischer oder praktischer Hinsicht von Wichtigkeit ist, die Kalksteine und Dolomite genauer zu untersuchen, so mag hier in Erinnerung gebracht werden, dass die Analyse derselben, nach vorheriger Austrocknung, gewöhnlich durch Auflösung in Salzsäure eingeleitet wird, wodurch die Kohlensäure ausgetrieben und die mit ihr verbunden gewesenen Basen Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul aufgelöst werden, während die übrigen Bestandtheile, als Thon, Kieselerde und Kohle unaufgelöst zurückbleiben. Das Bitumen giebt sich durch den erdölartigen Geruch der entweichenden Kohlensäure, so wie durch braunen Schaum zu erkennen, welcher auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmt*). Der Kohlegehalt vieler grauen und schwarzen Kalksteine wird oft als ganz feines Pulver von Anthracit oder Graphit abgeschieden. Um aber die Menge der Kalkerde, der Magnesia und des Eisenoxyduls zu bestimmen, dazu wird die heisse Solution mit etwas Salpetersäure versetzt, dadurch das Eisenchlorür in Eisenchlorid verwandelt, und durch einen Zusatz von überschüssigem Ammoniak zuvörderst das Eisen gefällt; hierauf präcipitirt man die Kalkerde durch Oxalsäure, und endlich die Magnesia sammt dem etwa vorhandenen Manganoxydul durch phosphorsaures Natron-Ammoniak. Uebrigens ist es nicht unwichtig, auch den unaufgelöst gebliebenen Rückstand noch näher auf seine Bestandtheile zu untersuchen, da er bisweilen sehr charakteristische Eigenschaften zeigt**).

Die Kalksteine sind sehr häufig, und die Dolomite bisweilen fossilhaltige Gesteine; ja, manche weit verbreitete Kalkstein-Varietäten bestehen fast nur aus organischen Ueberresten von Zoophyten, Strahlthieren oder Mollusken, und lassen sich daher füglich als zoogene Gesteine bezeichnen, obgleich der kohlensaure Kalk eine Umkrystallisirung zu Kalkspath erlitten hat. Denn gewöhnlich sind diese organischen Ueberreste als Kalkstein petrificirt, d. h. zu einem Aggregate von Kalkspath-Individuen umgewandelt worden, in welchem jedoch die organische Form, oft auch die organische Textur noch vollkommen erhalten ist. Indessen erscheinen diese organischen Formen häufig so fest und innig mit dem sie umschliessenden Kalksteine verwachsen, auch wohl so gleichfarbig mit demselben, dass sie sich im frischen Gesteine entweder gar nicht, oder nur sehr undeutlich zu erkennen geben. Weil sie aber in der Regel der Verwitterung besser widerstehen, als das übrige Gestein, so erscheinen sie auf der verwitterten Oberfläche alter Felswände und Gesteinsblöcke oft sehr

*) Schafhäutl, im Neuen Jahrb. für Min. 1846, S. 648.

**) Schafhäutl, im Neuen Jahrb. für Min. 1848, S. 145. So enthält z. B. der Marmor von Neubeuern bis 10 Procent runder Körner von amorpher Kieselerde. In dem röthlichgrauen oolithischen Kalksteine der Kohlenformation von Bristol umschliesst fast jedes Oolithkorn ein kleines blutrothes bis graues Körnchen von Quarz.

deutlich, bisweilen sogar stark im Relief hervortretend; weshalb man denn in Kalksteinbrüchen, wo das frische Gestein gar keine oder doch keine deutlichen organischen Formen erkennen lässt, seine Aufmerksamkeit vorzugsweise den alten, von den Atmosphärilien benagten Oberflächen zuzuwenden hat, an welchen sie oft recht wohl sichtbar sind. Dasselbe kann man zuweilen erreichen, wenn man Gesteinsstücke in stark verdünnter Säure behandelt, welche in kurzer Zeit dieselbe Wirkung ausübt, zu welcher die Verwitterung viele Jahre bedarf. Auch durch das Anschleifen und Poliren werden oft organische Formen deutlich sichtbar gemacht, von welchen das Gestein im frischen Bruche nur sehr undeutliche Spuren erkennen lässt.

Die meisten Kalksteine und nicht wenige Dolomite sind geschichtet. Dagegen giebt es aber auch viele Dolomite, welche sich durch einen gänzlichen Mangel an Schichtung auszeichnen, und dafür mit einer vielfachen und regellosen Zerklüftung versehen sind, welche ihren Felsen ein eigenthümliches, sehr schroffes und grotteskes, wildes und zerrissenes Ansehen verleiht. Auch die Höhlenbildung ist eine in den Kalksteinen und Dolomiten sehr häufige Erscheinung; die Höhlen kommen in allen möglichen Formen und Dimensionen vor, und sind auch die Ursache der in manchen Kalkstein-Regionen so gewöhnlichen Erdfälle.

Wir wenden uns nun zu der besonderen Betrachtung der wichtigsten Gesteine der Kalksteinfamilie.

1) **Kalkstein**; besteht wesentlich aus kohlensaurem Kalke, mit nur bisweiligem und geringem Gehalte an kohlensaurer Magnesia, und mit nur geringen Beimengungen von Thon, Kiesel und anderen fremdartigen Substanzen. Nach Maassgabe der verschiedenen Zusammensetzung des Gesteins lassen sich die Kalksteine in die drei Abtheilungen der phanerokrystallinischen, der concretionären und der kryptokrystallinischen Kalksteine bringen.

A) Phanerokrystallinische Kalksteine. Sie bestehen wesentlich aus deutlich erkennbaren körnigen oder fasrigen Individuen.

a) Körniger Kalkstein (Urkalkstein, Marmor z. Th. *Calcaire saccharoide*). Ausgezeichnet durch die krystallinisch-körnige Zusammensetzung aus Kalkspath-Individuen, welche, bei ziemlich isometrischem Typus, nach allen Richtungen durch einander gewachsen sind, ohne Zwischenräume zu lassen. Das Gestein ist daher in der Regel compact, und nur selten poros oder drusig. Nach der Grösse des Kornes unterscheidet man grob-, klein- und feinkörnigen Kalkstein, welcher letztere den Uebergang in die dichten Kalksteine vermittelt; übrigens ist das Gestein gewöhnlich festkörnig, und nur selten lockerkörnig ausgebildet, in welchem Falle dünne Platten desselben eine gewisse Biegsamkeit besitzen*).

*) Dergleichen biegsame Marmorplatten finden sich nach Ferber unter den antiken Arbeiten. Hitchcock bemerkt, dass viele körnige Kalksteine aus Massachusetts

Die Farben sind meist licht; weiss in allen Nüancen, besonders schneeweiss, graulichweiss, gelblichweiss und röthlichweiss; auch grau in mancherlei Abstufungen; seltener gelb, roth, blau, grün. Bisweilen treten verschiedene Farben oder doch verschiedene Nüancen einer und derselben Hauptfarbe auf, welche dann gewöhnlich in Streifen, Adern, Flecken, oder Wolken neben oder durch einander vertheilt sind. Namentlich lassen die sehr feinkörnigen grauen Varietäten häufig eine Zusammensetzung aus heller und dunkler gefärbten Lagen erkennen, welche bei sehr regelmässiger und stetiger Fortsetzung eine durchgreifende Farbenstreifung und plane Parallelstructur hervorbringen. Im frischen Bruche ist der körnige Kalkstein glänzend oder stark schimmernd, indem die Spaltungsflächen der einzelnen Körner, je nach der Grösse derselben, mehr oder weniger Licht reflectiren. Auch ist er, nach Maassgabe der helleren oder dunkleren Farbe und des gröberen oder feineren Kornes, mehr oder weniger durchscheinend, und wenigstens immer kantendurchscheinend. Die weissen, reinen und stark durchscheinenden Varietäten sind es besonders, welche den Marmor der Bildhauer liefern; so der berühmte weisse Marmor von Paros und Carrara, der Marmor vom Pentelikon und Hymettos *).

Der körnige Kalkstein erscheint zwar zuweilen ganz rein; oft aber ist er mit accessorischen Gemengtheilen versehen, zu welchen eine grosse Anzahl von Mineralspecies beitragen. Glimmer, von verschiedenen Farben, ist ein besonders häufiger Gemengtheil, welcher dadurch, dass seine Individuen parallel abgelagert, oder auch, lagenweise abwechselnd, bald mehr bald weniger reichlich vorhanden sind, eine ausgezeichnete Parallelstructur des Gesteins bedingt. Man hat dergleichen mit Glimmer gemengte Kalksteine Cipollin genannt, und stehen solche dem unten zu erwähnenden Kalkglimmerschiefer sehr nahe. Auf ähnliche Weise wie der Glimmer treten auch bisweilen Chlorit oder Talk auf. Amphibol, theils grün und schwarz, als Hornblende, theils weiss und grau, als Grammatit, ist ebenfalls ein häufiger Gemengtheil der körnigen Kalksteine; auch hat man für die hornblendreichen Varietäten den Namen Hemithren in Vorschlag gebracht. Granat, Pyroxen und Feldspath, von welchen der erstere in gewissen Kalksteinen der Pyrenäen sehr häufig vorkommt, haben deshalb, weil ihre eingesprengten Krystalle dem Kalkstein ein porphyrartiges Ansehen verleihen, den Namen Calciphyr veranlasst, mit welchem Al. Brongniart dergleichen Gesteine bezeichnete. Von anderen Silicaten sind noch besonders folgende zu erwähnen: Vesuvian, Skapolith, Chondrodit, Couzeranit, Chiastolith, Epidot, Zirkon und Titanit; von Alumiaten: Spinell, als eigentlicher Spinell und als Pleonast; von Erden: Korund und Quarz, welcher letztere in manchen körnigen Kalksteinen nicht so gar selten angetroffen wird. Unter den Haloiden sind vorzüglich Flussspath und Apatit zu nennen. Von metallischen Mineralien verdienen Magneteisenerz,

in grösseren, 1 bis 2 Zoll dicken Platten elastisch biegsam sind. *Report on the Geol. of Massachusetts, p.* 301.

*) Dergleichen Marmor-Varietäten waren es, welche die Alten, jedenfalls wegen ihrer Pellucidität, Lychnites nannten.

Eisenkies als Pyrit (oft in Brauneisenerz umgewandelt), Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies erwähnt zu werden; endlich ist Graphit ein in manchen körnigen Kalksteinen häufig vorkommender Gemengtheil; ja, es scheint, dass viele dunkelgraue Kalksteine ihre Farbe lediglich einer innigen Beimengung von Graphit zu verdanken haben. Dass die Krystalle von manchen dieser accessorischen Gemengtheile bisweilen eine eigenthümliche Abrundung aller ihrer Kanten und Ecke, gleichsam ein geflossenes oder halbgesschmolzenes Ansehen zeigen, ist bereits oben S. 446 erwähnt worden.

In der Form von accessorischen Betandmassen erscheinen, ausser mehren der bereits genannten Mineralien: Kalkspath, in Nestern, Drusen und Trümern; Arragonit und Braunspath auf ähnliche Weise; Serpentin, als edler Serpentin, in Adern, Trümern und Nestern, welche den weissen Kalkstein nach allen Richtungen durchziehen, und mit ihm zugleich ein Gestein von durchflochtener oder symplektischer Structur darstellen, für welches Brongniart den Namen Ophicalce vorschlug, während es die Artisten *Verde antico* zu nennen pflegen; auch Asbest kommt bisweilen auf ähnliche Art in Trümern und Adern vor.

Von zufälligen Einschlüssen sind, jedoch nur in seltenen Fällen, Fragmente anderer Gesteine beobachtet worden. Auch organische Formen gehören in den eigentlichen körnigen Kallksteinen zu den sehr seltenen Erscheinungen; die meisten erweisen sich als völlig fossilfreie Gesteine*).

Der körnige Kalkstein ist oft sehr deutlich geschichtet, was namentlich mit den glimmerreichen, oder mit den sehr feinkörnigen und gestreiften Varietäten der Fall zu sein pflegt; bisweilen aber ist die Schichtung nur unvollkommen ausgebildet, und manche Vorkommnisse des körnigen Kalksteins lassen fast gar keine Schichten erkennen. Zerklüftung ist ziemlich häufig vorhanden, und bedingt eine parallelepipedische, tesserale oder unregelmässig polyëdrische Absonderung. Die dünnschichtigen Varietäten liefern oft schöne Steinplatten.

Uebergänge zeigt der körnige Kalkstein in Kalkglimmerschiefer, in Hornblendschiefer, besonders aber in dichten Kalkstein, aus welchem sich in vielen Fällen der körnige Kalkstein als eine metamorphische Bildung entwickelt hat.

b) Kalkglimmerschiefer (Blauschiefer). Dieses, zuerst von Saussure**) unter dem Namen *schiste micacé calcaire* hervorgehobene Gestein steht

*) Es giebt jedoch gewisse, z. Th. recht grobkörnige krystallinische Kalksteine, welche fast nur aus Stielgliedern von Krinoiden bestehen, die in Kalkspath umgewandelt sind. Man nennt sie daher wohl auch Krinoidenkalkstein.

**) *Voyages dans les Alpes*, §. 996 und 1234. Im Jahre 1833 wies Hitchcock das häufige Vorkommen des Kalkglimmerschiefers im Staate Massachusetts nach (*Report on the Geol. of Massachusetts*, *p.* 306 f.); im Jahre 1841 aber fixirte Holger dasselbe Gestein unter dem nicht glücklich gewählten Namen Blauschiefer (Zeitschrift für Physik von v. Holger, Bd. 7, S. 13 f.), obgleich es schon früher von Studer, als ein im Wallis und in Graubündten sehr verbreitetes Gestein mit unter denjenigen Bildungen aufgeführt worden war, welche er Flysch oder Talkflysch

zwar den glimmerreichen Kalksteinen sehr nahe, verdient aber doch, wegen der Selbständigkeit seines Auftretens in sehr bedeutenden Ablagerungen, als eine besondere Gesteinsart der Kalksteinfamilie aufgeführt zu werden. Es ist wesentlich ein Mittelgestein zwischen körnigem Kalkstein und Glimmerschiefer, und spielt in manchen Gegenden eine eben so wichtige Rolle, wie dieses letztere Gestein, mit welchem es früher oft verwechselt worden sein mag.

Der Kalkglimmerschiefer ist ein Gemeng aus körnigem Kalk, Glimmer (oder Talk) und Quarz; Kalk und Quarz, welcher letztere oft nur in sehr geringer Menge vorhanden ist, bilden eine körnige Grundmasse, in welcher der Glimmer gerade wie im Glimmerschiefer, also in einzelnen Schuppen, in Flasern oder Membranen, dergestalt enthalten ist, dass das Gestein eine ausgezeichnete dick- oder dünnschiefrige Structur erhält. Je nachdem der Kalk mehr oder weniger vorwaltet, ist das Gestein zum grösseren oder geringeren Theile in Säuren auflöslich; auch richtet sich danach seine leichtere oder schwerere Zerstörbarkeit durch die Einwirkung der Atmosphärilien und Gewässer. So fand Holger in dem Kalkglimmerschiefer aus dem Kreise ob dem Manhartsberge 12 bis 81 Procent Kalk, und Hitchcock giebt an, dass die Varietäten aus Massachusetts zum Theil 50 bis 80 Procent enthalten; woraus sich ergiebt, dass Kalkspath bisweilen in sehr vorwaltendem Maasse vorhanden und das Gestein solchenfalls nur als ein sehr glimmerreicher Kalkstein zu betrachten ist.

Der Kalkglimmerschiefer ist immer sehr deutlich geschichtet, geht einerseits in reinen körnigen Kalkstein, anderseits in gewöhnlichen Glimmerschiefer über, ist ein in den Oesterreichischen und Schweizer Alpen sehr verbreitetes Gestein, und scheint auch in den Vereinigten Staaten Nordamerikas in der Alleghanykette eine wichtige Rolle zu spielen.

c) Anthrakonit (Lucullan). Mit dem Namen Anthrakonit belegte v. Moll gewisse, theils sehr grobkörnige, theils feinkörnige bis dichte Varietäten von kohlenstoffhaltigem, daher ganz schwarzem Kalkstein, welche meist nur in accessorischen Bestandmassen von der Form grosser sphäroidischer Nieren innerhalb anderer Gesteine, auch in Nestern, Trümern und Adern, selten in selbständigen Schichten und grösseren Massen angetroffen werden. Nach Maassgabe des Kornes unterscheidet man späthigen, körnigen und dichten Anthrakonit; die Nieren des ersteren zeigen oft eine radial-stängliche oder auch concentrisch-schalige Zusammensetzung, und gewisse, stänglich zusammengesetzte Varietäten aus dem Russbachthale im Salzburgischen sind, wegen einer entfernten Aehnlichkeit mit Korallen, unter dem Namen Madreporstein aufgeführt worden; der Kohlengehalt beträgt $\frac{1}{2}$ bis $\frac{5}{4}$ Procent, kann aber durch Glühen ausgetrieben werden, daher sich das Gestein vor dem Löthrohre weiss brennt. Die Anthrakonitnieren kommen besonders im Alaunschiefer Scandinaviens, bei Christiania, Andrarum, Garphytta und anderen Orten vor; auch in Belgien bei Namür, in den Pyrenäen

nennt. Später sind auch von Klipstein (Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 16, S. 692 f.) und Petzholdt (Beiträge zur Geognosie von Tyrol, S. 86) Notizen über das Vorkommen des Kalkglimmerschiefers in den Salzburger Alpen mitgetheilt worden.

und Alpen ist das Gestein z. Th. in grösseren Ablagerungen bekannt. Nicht selten ist der Anthrakonit fossilhaltig, häufig aber so bituminös, dass er beim Schlagen oder Reiben stinkt.

d) Kalksinter. Derselbe ist als späthiger und fasriger Kalksinter zu unterscheiden, findet sich in Stalaktiten und Stalagmiten von den wunderlichsten nachahmenden Gestalten, in den Höhlen der Kalksteingebirge, wo er sich noch fortwährend bildet und bisweilen dermaassen anhäuft, dass kleinere Höhlen im Laufe der Zeiten fast gänzlich von ihm ausgefüllt werden können. Weisse und gelbe Farben, gestreifte oder wellenförmige Farbenzeichnung, starke Durchscheinenheit, und eine bisweilen sehr grobkörnig krystallinische Zusammensetzung*) charakterisiren den späthigen Kalksinter, welcher in den schönfarbigen Varietäten als Kalkalabaster (*albâtre calcaire*) zu allerlei Ornamenten verarbeitet wird. Diese Kalksinter sind sehr häufig fossilhaltige Gesteine, indem sie Knochen und andere Ueberreste von vorweltlichen Säugethieren umschliessen.

Die fasrigen und stänglichen Kalksinter einiger Höhlen bestehen nicht aus Kalkspath, sondern aus Arragonit, wie diess zuerst durch v. Kobell für den Sinter der berühmten Höhle von Antiparos nachgewiesen und später von Fiedler bestätigt worden ist, welcher noch die merkwürdige Thatsache nachwiess, dass die Kerne vieler der dortigen Arragonitzapfen aus Kalkspath bestehen**).

B) Concretionäre Kalksteine; sie bestehen aus kleinen, meist nur hirsekorn- bis erbsengrossen, selten grösseren, rundlichen Concretionen, welche das Gestein entweder gänzlich oder doch zum grossen Theile zusammensetzen.

a) Oolithischer Kalkstein. Die kleinen Concretionen sind völlig oder doch beinahe kugelrund, und zeigen eine concentrisch-schalige, oft auch eine mikroskopisch feine radial-fasrige Zusammensetzung. Sie sind entweder dicht zusammengedrängt, und lassen nur in ihren Zwischenräumen etwas dichte oder erdige Kalksteinmasse, gleichsam als Bindemittel, erkennen, oder sie sind, wenn auch zahlreich, so doch mehr vereinzelt in einem dichten oder feinerdigen Kalksteine eingewachsen. Die einzelnen Oolithkörner umschliessen gar nicht selten in ihrem Mittelpuncte einen fremdartigen Körper, ein Quarzkörnchen, oder ein kleines Fragment von einer Koralle oder Conchylie, welche Körper den kohlensauren Kalk zum Absatze disponirt und dadurch die erste Veranlassung zur Bildung des Oolithkornes gegeben haben.

Die oolithischen Kalksteine sind meist hellfarbig, weiss, gelb und grau, deutlich obwohl zuweilen mächtig geschichtet, oft reich an Fossilien, und gehen in dichte Kalksteine über, wenn die Oolithkörner immer seltener werden und endlich ganz verschwinden. Man kennt sie zwar in sehr verschiedenen Formationen, doch sind sie in der Jurassischen Formation, zumal Englands und Frankreichs, besonders häufig.

*) Bisweilen besteht ein ganzer Zapfen nur aus einem einzigen Kalkspath-Individuum, wie die stetig hindurchsetzende Spaltbarkeit beweist.

**) v. Kobell, im Neuen Jahrb. für Min. 1835, S. 256; Fiedler, ebend. 1848. S. 422 und 814, auch Reise durch Griechenland, Bd. II, 1841, S. 194.

b) Pisolith oder Erbsenstein. Dieses Gestein, in welchem die oolithische Structur den höchsten Grad der Vollkommenheit erlangt, indem es aus lauter regelmässigen Kugeln von ausgezeichnet concentrisch-schaliger und zugleich radial-fasriger Structur zusammengesetzt ist, erscheint nur in kleineren Ablagerungen, als Absatz heisser Mineralquellen, und besteht zwar aus kohlensaurem Kalk, jedoch nicht aus Kalkspath, sondern aus Arragonit. Es findet sich in schönen Varietäten zu Carlsbad in Böhmen und im Neitraer Comitate in Ungarn.

c) Rogenstein; dieses Gestein gehört zwar eigentlich schon zu den Mergeln, indem es sehr reich an Thon, Eisenoxydhydrat und anderen Verunreinigungen zu sein pflegt; weil es jedoch in seiner Structur den oolithischen Kalksteinen sehr nahe steht, so mag es mit an dieser Stelle aufgeführt werden.

Der Rogenstein oder oolithische Mergel besteht aus mohnkorn- bis erbsengrossen, runden Kalksteinkörnern, welche theils dicht und feinsplittrig, theils concentrisch-schalig, nur selten auch radial-fasrig sind*), und durch ein thoniges, mergliches oder kalkiges Bindemittel zusammengehalten werden, weshalb denn auch das Gestein bald geringeren, bald grösseren Zusammenhang besitzt. Das Bindemittel ist oft sehr sparsam vorhanden, in welchem Falle die einzelnen Körner dicht an einander gedrängt erscheinen; bisweilen, und namentlich wenn es kalkiger Natur ist, wird es vorwaltender, und dann erscheint das Gestein als dichter Kalkstein mit eingesprengten Oolithkörnern. Diess ist besonders mit gewissen rauchgrauen bis blaulichgrauen, sehr festen Varietäten der Fall, welche Freiesleben unter dem Namen Hornmergel aufführte, statt dessen jedoch Hoffmann den Namen Hornkalk noch passender findet**). Die gewöhnlichsten Farben des Rogensteins sind röthlichgrau bis bräunlichroth und röthlichbraun, gelblichgrau, blaulichgrau, rauchgrau bis kastanienbraun; auch kommen schmutzig weisse Varietäten vor. Das thonige Bindemittel ist zuweilen in kleinen Concretionen, den sogenannten Thongallen, rein ausgeschieden.

Der Rogenstein ist immer deutlich geschichtet, und obwohl seine Schichten nur selten über einen Fuss mächtig sind, so erwähnt doch Freiesleben aus dem Anhaltischen Schichten von 2 bis 3 Ellen Mächtigkeit. Bisweilen greifen die Schichten an ihren Fugen mit 1 bis 3 Zoll langen, stylolithenähnlichen Zapfen in einander, wodurch gleichsam eine gegenseitige Verzahnung derselben hervorgebracht wird. Organische Ueberreste sind bis jetzt im eigentlichen Rogensteine noch nicht gefunden worden.

Er findet sich besonders ausgezeichnet, als das unterste Glied der Buntsandsteinformation, in Thüringen, in der Gegend von Eisleben und Sangerhausen, so wie im Herzogthum Bernburg, zwischen Sandersleben, Bernburg und Könnern, wo er einen Raum von 6 Stunden Länge und 3 Stunden Breite einnimmt.

*) Die concentrisch-schalige und radial-fasrige Structur der Rogensteinkörner wird, wie Freiesleben und Hoffmann bemerken, gewöhnlich erst im verwitterten Zustande recht sichtbar. Uebrigens sollen sie in ihrem Mittelpuncte niemals ein Sandkorn oder sonst einen fremdartigen Körper umschliessen.

**) Freiesleben, Geognostische Arbeiten, I, 1807, S. 123; Hoffmann, Geogn. Beschr. des Herzogthums Magdeburg, 1823, S. 41.

C) Kryptokrystallinische Kalksteine; hierher gehören alle diejenigen Kalksteine, welche eine so feinkörnige (oder auch bisweilen so feinfasrige) Zusammensetzung haben, dass sie dem unbewaffneten Auge als dichte Gesteine erscheinen. Sie sind ausserordentlich manchfaltig nach Maassgabe ihrer Farbe, Structur und Consistenz, nach den verschiedenen Graden der Reinheit, und nach der verschiedenen Natur der ihnen beigemengten Substanzen, weshalb wir uns damit begnügen müssen, nur einige der wichtigsten Varietätengruppen aufzuführen.

1) Reine kryptokrystallinische Kalksteine; sie bestehen wesentlich nur aus kohlensaurem Kalke, ohne bedeutende Beimengung von anderen Substanzen.

a) Travertin*). Dieses Gestein, dessen Namen wir hier in der weiteren Bedeutung des Wortes nehmen, steht gewissermaassen mitten inne zwischen fasrigem Kalksinter und dichtem Süsswasserkalk, daher denn wir auch zwei Hauptvarietäten, nämlich schaligen und dichten Travertin zu unterscheiden haben.

Der schalige Travertin besteht aus concentrisch- oder conform-schaligen dünnen Lagen von zartfasriger Structur, welche einige Linien stark sind, und mit ähnlichen Lagen von mehr erdiger Zusammensetzung abwechseln. Diese Lagen haben sich entweder rund um Pflanzenstängel, oder um andere Gegenstände in vielfacher Wiederholung abgesetzt, und bilden daher im ersteren Falle cylindrische Aggregate, welche oft einen beträchtlichen Durchmesser erreichen, im Querbruche concentrische Kreise darstellen und, regellos durch einander liegend, so wie dicht an einander anschliessend, grosse Felsmassen zusammensetzen können. So sind die Felsen von Tivoli an den berühmten Cascaden des Anio oder Teverone gebildet. Auch in manchen der Römischen Aquäducte haben sich in älterer und neuerer Zeit bedeutende Absätze von ähnlichem schaligen Travertin gebildet, deren Form natürlich den Wänden der Wasserrinne entspricht.

Der dichte Travertin dagegen ist ein ganz dichter, gelblichweisser Kalkstein von grosser Festigkeit, welcher theils kleinere, von vegetabilischen Ueberresten herrührende Cavitäten, theils viele grosse, langgestreckte und plattgedrückte, über und neben einander parallel fortlaufende, blasenraumähnliche Höhlungen umschliesst, deren Wände klein nierförmig und oft auch feindrusig sind. Dieser dichte, breitblasige und daher im Querbruche wie gestreift erscheinende Travertin, welcher zwischen Rom und Tivoli vielfach als Baustein gebrochen wird, ist immer deutlich geschichtet. Beide Varietäten des Travertin finden sich auf ähnliche Weise in der Provinz Ascoli, so wie in den Abruzzen von Aquasanta bis jenseits Civitella; bei der Stadt Ascoli selbst bilden sie über 300 F. hohe Felsen.

Dem schaligen Travertin sehr nahe steht der sogenannte Sprudelstein von Carlsbad, welcher aus Arragonit besteht, und sowohl bei Carlsbad als auch bei anderen heissen Quellen noch fortwährend in Bildung begriffen ist.

*) Man vergleiche über dieses Gestein die lehrreiche Schilderung, welche Leopold v. Buch gab; Geogn. Beobb. auf Reisen u. s. w. II, S. 22 f.

b) Kalktuff. Dichter oder höchst feinkörniger bis erdiger Kalkstein von gelblichgrauer, gelblichweisser oder gelblichbrauner Farbe, besonders ausgezeichnet durch seine Structur, welche stets poros, blasig, tubulos und cavernos ist, und durch cylindrische, röhrenförmige und anders gestaltete Incrustate von Pflanzenstängeln aller Art, von Blättern und sonstigen organischen Körpern ein so eigenthümliches Ansehen gewinnt, dass das ganze Gestein wie ein schwammiges, zerfressenes und löcheriges Haufwerk von regellos durch einander geknäteten oder geflochtenen Pflanzen-Incrustaten, wie ein in Kalkstein verwandelter Rasen oder lockerer Torf erscheint. Daher ist auch der Kalktuff gewöhnlich weich und leicht zersprengbar, auch scheinbar von sehr geringem Gewichte. Die Poren und Cavitäten sind oft mit nierförmigen Krusten überzogen oder mit Kalkspath überdrust. Ausser den Pflanzenresten, welche gewöhnlich nur als Incrustate und Abdrücke ihre Form hinterlassen haben, enthält der Kalktuff auch häufig thierische Ueberreste, als Knochen, Schnecken und Muscheln, deren Substanz meist noch sehr wohl erhalten zu sein pflegt, und welche insgesammt von Land- oder Süsswasserthieren abstammen.

Der Kalktuff ist bald deutlich, bald sehr undeutlich geschichtet, und bildet im letzteren Falle mitunter sehr rauhe und grotteske Felsen. Er geht einerseits in Travertin, anderseits in dichten Süsswasserkalkstein über, und kommt häufig in den Thälern der Kalksteingebirge vor; so findet er sich z. B. in der Gegend von Weimar und Langensalza in Thüringen, bei Göttingen, Heiligenstadt und Mühlhausen; in Sachsen kennt man ihn bei Robschütz unweit Meissen, fern von allen Kalksteinen, als eine beschränkte Ablagerung im Gebiete des Syenites.

c) Süsswasserkalkstein (Limnocalcit, *Calcaire lacustre* oder *d'eau douce*). Ein meist sehr dichter, bisweilen erdiger, selten schiefriger, mitunter sehr bituminöser, im Bruche muschliger und feinsplittriger Kalkstein von graulich-, gelblich- und röthlichweisser, auch gelblichgrauer, röthlichgrauer, rauchgrauer bis licht gelblichbrauner Farbe; sehr häufig poros, tubulos oder cavernos, wobei die langgestreckten und röhrenförmigen Poren gewöhnlich parallel und rechtwinklig auf den Schichten sind. Das Gestein ist oft reich an Schalen von Süsswasser-Conchylien, besteht zuweilen gänzlich oder grösstentheils ans solchen (Paludinenkalkstein, Cyrenenkalkstein), umschliesst aber auch nicht selten Gehäuse von Landschnecken und Ueberreste von Land- und Süsswasserpflanzen, von Crustaceen (zumal Cypris), von Phryganengehäusen (Indusienkalkstein), von Fischen, Amphibien und Säugethieren.

Von accessorischen Bestandmassen sind besonders Nester und Trümer von Kalkspath, Hornstein und Flint oder Feuerstein zu erwähnen. Das Gestein ist übrigens bald deutlich, bald undeutlich geschichtet; die Schichten sind zuweilen sehr unregelmässig gestaltet, und erreichen nicht selten eine bedeutende Mächtigkeit; sie zeigen sich oft vielfach zerklüftet, und erscheinen mitunter in lauter einzelne Blöcke zerstückelt. Der schiefrige Süsswasserkalkstein pflegt dagegen sehr regelmässig und dünn geschichtet zu sein.

Der, besonders durch seine organischen Ueberreste charakterisirte Süsswasserkalkstein ist eine, in gewissen Gegenden sehr verbreitete Bildung,

und findet sich z. B. in der Umgegend von Paris und Orleans, bei Oeningen, Heidenheim und an vielen anderen Orten in Teutschland.

d) Gemeiner Kalkstein. Hierher gehören bei weitem die meisten Kalksteine, welche theils grosse Landstriche und ganze Gebirgsketten, theils nur untergeordnete Ablagerungen bilden, und gewöhnlich nach denjenigen Formationen benannt und unterschieden werden, in welchen sie auftreten. Da wir jedoch auf diesen Unterschied noch keine Rücksicht nehmen können, so müssen wir uns auf eine ganz allgemeine Schilderung beschränken.

Die gemeinen Kalksteine sind wesentlich nichts anderes, als höchst feinkörnige bis dichte Aggregate von krystallinischen Kalkspath-Individuen, und lassen sich unter dem Mikroskope stets als solche erkennen. Ihr Bruch ist muschlig, uneben oder eben im Grossen, und glatt, feinsplittrig oder feinerdig im Kleinen, dabei matt oder schimmernd. Manche Kalksteine erscheinen poros, wie mit ganz feinen Nadelstichen durchbohrt, oder zellig und cavernos durch grössere Cavitäten, welche oft mit Thon oder Eisenocker erfüllt oder überzogen sind.

Ihre Farben sind ausserordentlich manchfaltig; weiss in allen Nüancen, grau, gelb, roth und selbst schwarz, in verschiedenen Mischungen und Abstufungen. Die meisten Kalksteine sind einfarbig, und die weissen, lichtgelben und grauen Varietäten bei weitem vorwaltend; manche erscheinen jedoch buntfarbig, indem sie eine gefleckte, gewolkte oder geaderte (marmorirte) Farbenzeichnung besitzen, welche ihnen, bei schöner Auswahl der Farben, die Eigenschaft eines Marmors verleiht. Man pflegt nämlich unter dem Worte Marmor nicht nur die weissen körnigen Kalksteine, sondern überhaupt alle Kalksteine zu begreifen, welche sich durch ihre Farbe oder Farbenzeichnung und durch ihre Politurfähigkeit zu künstlerischen und architektonischen Arbeiten qualificiren. In vielen Marmoren wird die Farbenzeichnung durch organische Ueberreste (von Korallen, Krinoiden und Conchylien) oder durch accessorische Bestandmassen (zumal durch Nester und Adern von Kalkspath) hervorgebracht, welche durch ihre Farbe gegen die sie einschliessende Gesteinsmasse mehr oder weniger abstechen. Die dunkelgrauen und schwarzen Farben werden in den gemeinen Kalksteinen gleichfalls durch Kohle und Bitumen bedingt, welches letztere sich auch durch den Gestank beim Anschlagen, bisweilen sogar durch Ausschwitzungen von Asphalt oder Bergöl zu erkennen giebt. Daher brennen sich auch dergleichen Kalksteine weiss, und verbleichen allmälig an der Oberfläche, welche oft weiss oder hellgrau erscheint, während der frische Bruch schwarz ist. Manche weisse und hellgelbe Kalksteine haben die Eigenschaft, im Laufe der Zeit an der Oberfläche röthlich zu werden, welche Röthung (*rubefaction*) aus einer allmäligen Entwässerung des in ihnen enthaltenen Eisenoxydhydrates erklärt wird*).

*) Da viele Kalksteine etwas kohlensaures Eisenoxydul enthalten, so bietet sich vielleicht eine andere Erklärung dieser Rubefaction in der Beobachtung von Schafhäutl dar, dass das in den Kalksteinen befindliche kohlensaure Eisenoxydul bei seiner Umwandlung in Oxyd die Kohlensäure an den Kalk abgiebt, wodurch zweifach kohlensaurer Kalk entsteht, der vom Wasser aufgelöst und entfernt wird. Neues Jahrb. der Min. 1846, S. 661.

Unter den accessorischen Bestandtheilen sind besonders Quarz und Pyrit zu erwähnen, welche theils in Körnern, theils in Krystallen nicht selten eingesprengt sind; auch Rotheisenerz in kleinen runden Concretionen, Brauneisenerz in oolithischen Körnern, Bleiglanz und andere Schwefelmetalle, Anthracit und Asphalt kommen bisweilen vor.

Von accessorischen Bestandmassen finden sich sehr häufig Nester und Drusen, Trümer und Adern von Kalkspath oder Kalktalkspath (Braunspath und Rautenspath); zumal gewisse dunkelgraue und schwarze Kalksteine werden bisweilen von einem förmlichen Netze weisser Kalkspathadern durchzogen. In anderen Kalksteinen bilden Kugeln, Nieren und Nester, Drusen und Trümer von Quarz, Hornstein oder Flint eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Auch treten bisweilen Rotheisenerz, Brauneisenerz, Bleiglanz und andere Schwefelmetalle, oder Galmei, Zinkspath und Eisenspath in ähnlichen Formen auf.

Organische und zwar thierische Ueberreste kommen ausserordentlich häufig vor, obwohl es auch manche bedeutende Kalkstein-Ablagerungen giebt, welche sehr arm und selbst ganz leer daran sind. Dagegen erscheinen andere Kalksteine fast nur aus dergleichen Ueberresten, namentlich von Korallen, Polythalamien, Krinoiden und Conchylien zusammengehäuft, während solche in noch anderen Kalksteinen mehr sporadisch, oder doch nur stellenweise in grösserer Anzahl auftreten. Diese Ueberreste sind oft in Kalkspath umgewandelt, was besonders mit den Krinoiden der Fall zu sein pflegt, und die Ursache ist, dass solche Kalksteine, welche viele Stielglieder von Krinoiden enthalten, eine durch Kalkspathkörner porphyrartige und selbst eine krystallinisch-grobkörnige Structur besitzen.

Der gemeine Kalkstein ist bald deutlich, bald undeutlich geschichtet; bisweilen aber erscheint er ohne alle Schichtung; die Schichten sind von einem Zoll bis zu vielen Fuss mächtig, theils ebenflächig ausgedehnt, theils gebogen und gewunden; manche Kalksteine liefern daher dünne und sehr regelmässige Steinplatten, und sind z. Th. als förmliche Kalkschiefer ausgebildet, wie z. B. der bekannte schiefrige und plattenförmige Kalkstein von Solenhofen in Baiern und Nusplingen in Würtemberg. Die Oberfläche der Schichten ist nicht selten durch organische Formen, oder durch Wülste, Furchen und Riefen, oder durch pflanzenstängelähnliche, verzweigte und gewundene Formen ausgezeichnet. Zerklüftung ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung; sie hat bei den dünnschichtigen Kalksteinen eine tesserale, bei den dickschichtigen eine quaderförmige, bei den ungeschichteten und überhaupt bei allen Kalksteinen eine unregelmässig-polyëdrische Absonderung zur Folge. Kugelige und säulenförmige Gesteinsformen gehören dagegen zu den seltenen Erscheinungen. Stylolithen und ähnliche zapfenförmige Gestalten sind in manchen Kalksteinen zu beobachten. Die Kluftflächen der Kalksteine sind zuweilen mit schönen Dendriten geschmückt, oder mit Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat überzogen, mitunter auch wohl als Spiegel und Rutschflächen ausgebildet.

Der gemeine Kalkstein zeigt Uebergänge in körnigen Kalkstein durch deutliche Entwickelung seiner krystallinischen Elemente, in oolithischen Kalkstein durch Aufnahme von Oolithkörnern, in thonigen Kalkstein und Mergel durch Beimengung von Thon, in Kieselkalkstein durch reichliche Imprägnation

mit Kieselerde, und in Schieferkalkstein durch Aufnahme von Thonschieferlamellen.

2) Unreine oder gemengte kryptokrystallinische Kalksteine; dichte oder höchst feinkörnige Kalksteine, welche durch innige Beimischung anderer Substanzen oder durch deutlich erkennbare fremdartige Beimengungen verunreinigt sind.

a) Schieferkalkstein (*calschiste* z. Th.). Viele dichte Kalksteine sind mit Thonschiefer in symplektischer Structur verbunden, und bilden so eigenthümliche Gesteins-Varietäten, welche man Schieferkalkstein nennen kann. Der Schiefer durchzieht nämlich den Kalkstein in dünnen, stetig fortsetzenden Lagen oder Membranen, welche zwar eine parallele Anordnung zeigen, aber mehr oder weniger undulirt, und dergestalt vertheilt sind, dass die Wellenberge der einen Lage mit den Wellenthälern der darauf folgenden Lage in Berührung kommen. So bildet denn der Thonschiefer gleichsam ein körperliches Netz mit langgezogenen, lanzett- oder linsenförmigen Maschen, welche vom Kalkstein ausgefüllt werden. Bisweilen sind die Kalksteinlinsen abgerundet an ihren scharfen Rändern, oder auch zu rundlichen Wölchern ausgestreckt, und dann erscheint das Gestein als ein Aggregat von flachen Kalkstein-Ellipsoiden oder von cylindrischen Kalksteinwülsten, zwischen denen der Thonschiefer eingeflochten ist. In noch anderen Fällen erscheinen die Schiefermembranen nicht als zusammenhängende Lagen, sondern als isolirte Flasern, welche innerhalb des Kalksteins in geringerer Anzahl und in grösseren Abständen auftreten, dennoch aber einen mehr oder weniger auffallenden Parallelismus behaupten. In allen Fällen aber zeigt das Gestein eine grossflasrige Structur, einen durch die Thonschieferlagen bestimmten wellenförmigen oder wulstigen Hauptbruch, und einen Querbruch, in welchem seine Zusammensetzung sehr deutlich zu erkennen ist.

Diese Schieferkalksteine kommen von sehr verschiedenen grauen, rothen, gelben, braunen und grünlichen Farben vor, erscheinen gewöhnlich buntfarbig, indem der Kalkstein und der Schiefer verschieden gefärbt sind, und liefern mitunter einen sehr beliebten Marmor (Campaner Marmor bei Bagnères, Marmor von Kalkgrün bei Zwickau). Sie sind in der Regel sehr deutlich geschichtet, lassen sich oft in schönen Platten brechen, besitzen wulstige Schichtungsflächen, und zeigen an verwitterten Felswänden ein grosszelliges Netz von Thonschiefer, aus dessen Maschen der Kalkstein mehr oder weniger herausgenagt ist.

Es giebt jedoch auch andere Schieferkalksteine, welche aus abwechselnden ganz ebenflächig ausgedehnten dünnen Kalksteinlagen und noch dünneren Thonschieferlagen bestehen, und daher eine ausgezeichnete dickschiefrige Structur und Spaltbarkeit besitzen. Solche Schieferkalksteine erscheinen im Hauptbruche wie Thonschiefer, und lassen erst im Querbruche ihre Zusammensetzung aus Kalksteinlagen und Schiefermembranen erkennen. Sie sind für den dichten Kalkstein dasselbe, was der Kalkglimmerschiefer für den körnigen Kalkstein ist.

b) Ophicalcit. Weisser oder hellgrauer, dichter oder höchst feinkörniger Kalkstein, welcher von Serpentinadern nach allen Richtungen durchschwärmt wird; er schliesst sich unmittelbar an den körnigen Ophicalcit an, mit welchem er auch gewöhnlich zusammen vorkommt.

c) Kieselkalkstein (*calcaire silicieux*). Dichter, meist hellfarbiger, weisser, grauer oder gelblicher Kalkstein, welcher mit Kieselerde sehr stark imprägnirt ist, auch Nester, Trümer und Adern von Hornstein oder Chalcedon umschliesst, die z. Th. ganz allmälig in die umgebende Gesteinsmasse verfliessen. Oft ist das Gestein poros, tubulos und cavernos, in welchem Falle die Wände aller Cavitäten mit Chalcedon, Hornstein oder feinen Quarzdrusen überzogen zu sein pflegen. Diese Kieselkalksteine schliessen sich gewöhnlich an gewisse Süsswasserkalksteine an, mit denen sie vergesellschaftet sind.

Auch kommen andere kieselige Kalksteine vor, in denen die Kieselerde gar nicht sichtbar hervortritt, sondern sich nur durch eine bedeutende Härte und schwierige Zersetzbarkeit des Gesteins zu erkennen giebt. Dahin gehört z. B. nach den Untersuchungen von Stöckhardt der Plänerkalkstein von Klotzscha bei Dresden, welcher 22 bis 48 p. C. Kieselerde enthält, und sich daher leicht todt brennt, weil die Kieselerde im Feuer mit der Kalkerde in Verbindung tritt *).

d) Thoniger Kalkstein (Mergelkalkstein). Dichter Kalkstein mit einer bedeutenden, bis 20 und 30 p. C. steigenden Beimengung von Thon und Kiesel; meist von grauen Farben, im Bruche flachmuschelig bis uneben im Grossen und feinerdig im Kleinen, matt und undurchsichtig; er giebt angehaucht oder befeuchtet einen thonigen Geruch, und hinterlässt bei der Auflösung in Säuren einen nicht unbedeutenden Rückstand. Er ist oft dünnschichtig, bisweilen dickschiefrig, und enthält nicht selten Eisenkies, in Kugeln und Knollen, oder in der Form von organischen Körpern.

e) Glaukonitischer Kalkstein. Ein gewöhnlich thoniger Kalkstein, in welchem mehr oder weniger zahlreiche Körner von Glaukonit eingesprengt sind. Dergleichen Kalksteine finden sich in verschiedenen Formationen, von der Silurischen Formation Russlands bis in die tertiären Formationen.

f) Stinkstein. Dunkelbrauner bis rauchgrauer und braunlichschwarzer, dichter oder höcht feinkörniger, schiefriger oder doch dünnschichtiger, im Bruche feinsplittriger, matter oder schimmernder Kalkstein, welcher gerieben oder geschlagen einen eigenthümlichen, an Schwefelwasserstoff erinnernden Geruch von sich giebt. Nur selten besitzt er eine oolithische Structur, stets aber eine sehr deutliche Schichtung, welche jedoch häufig wellenförmig oder zickzackförmig gebogen, oder durch andere, äusserst verworrene Unregelmässigkeiten ausgezeichnet ist.

g) Dolomitischer Kalkstein. Kalkstein, welcher einen grösseren oder geringeren Gehalt an kohlensaurer Magnesia, oder auch eine innige Beimengung von Dolomit enthält, daher ein etwas höheres specifisches Gewicht besitzt, und auch in seinen übrigen Eigenschaften eine Annäherung an den Dolomit erkennen lässt.

2) **Dolomit.** Derselbe besteht in den meisten Varietäten aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia in dem Verhältnisse von 54 zu 46 p. C., ist also wesentlich ein Aggregat von Kalktalkspath-Individuen. Doch giebt es auch manche Varietäten, in welchen die genannten beiden Carbonate

*) Geinitz, das Quadersandsteingebirge in Deutschland, 1849, S. 48.

nach etwas anderen Verhältnissen verbunden sind, und namentlich mehr kohlensaurer Kalk vorhanden ist, daher man sie vielleicht als Gemenge von Dolomit und Kalkstein betrachten kann, obgleich der Isomorphismus beider Basen auch die Annahme einer chemischen Verbindung ihrer Carbonate in unbestimmten Verhältnissen vollkommen gerechtfertigt erscheinen lässt. Sehr oft wird etwas Magnesia durch Eisenoxydul vertreten, wodurch nicht nur die herrschende gelbliche Farbe, sondern auch das Braunwerden des Gesteins bei der Verwitterung bedingt sein dürfte. Die wichtigsten Varietäten sind etwa folgende:

a) Körniger Dolomit (Urkalkstein*) z. Th.). Varietäten von sehr deutlicher krystallinisch-körniger Zusammensetzung, oft locker-körnig wie Zucker, und fast zerreiblich, oder auch poros und zellig, in welchem Falle die kleinen Cavitäten durch die frei auskrystallisirten rhomboëdrischen Individuen drusig erscheinen, was den krystallinischen Habitus des Gesteins ausserordentlich erhöht. Die Farben des Gesteins entsprechen besonders häufig der Reihe aus gelblichweiss bis gelblichgrau und gelb, oder aus graulichweiss bis rauchgrau und braun; bisweilen ist der körnige Dolomit gefleckt oder gestreift, übrigens im Bruche glänzend oder schimmernd von Perlmutterglanz und in Kanten mehr oder weniger durchscheinend.

Manche Varietäten sind ganz frei von accessorischen Bestandtheilen, andere ziemlich reich daran; besonders Glimmer, Talk, Grammatit und Quarz erscheinen nicht so gar selten, während Turmalin, Korund, Eisenkies, Zinkblende und Realgar nur hier und da beobachtet worden sind. Organische Ueberreste kommen nicht sehr häufig und gewöhnlich nur als Steinkerne vor.

Der körnige Dolomit ist theils geschichtet, theils ungeschichtet, auch erlangen seine Schichten oft eine so bedeutende Mächtigkeit, dass es schon höherer Felswände bedarf, um sie wahrnehmen und nach ihrer Lage bestimmen zu können. Dabei erscheint das Gestein oft ausserordentlich zerklüftet, zumal in senkrechter Richtung, wodurch es in pfeilerförmige und spitz pyramidale Massen abgesondert wird.

b) Cavernoser Dolomit (Rauchwacke, Rauhkalk). Feinkörniger Dolomit**), welcher theils aus fester, theils aus lockerer Masse besteht; die

*) Dass viele sogenannte Urkalksteine wirkliche Dolomite sind, ist bekannt. Klaproth erkannte schon im Jahre 1813 den Reichensteiner Kalkstein für Dolomit (Magazin der naturf. Freunde zu Berlin, VII, S. 159). Karsten bestätigte diess im Jahre 1825, und zeigte zugleich, dass sechs andere sogenannte Urkalksteine Schlesiens Dolomit seien (Archiv für Min. u. s. w. Bd. 17, S. 67); und Merbach bewiess dasselbe für die Kalksteine von Lengefeld, Memmendorf und Heidelbach in Sachsen; Geogn. Beschr. des Königreichs Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, S. 106, 253 u. 255.

**) Die Analysen des sogenannten Rauhkalkes von Ilefeld, Suhl und Beyenrode, welche Rammelsberg aufführt (Supplemente zum Handwörterbuch, II, S. 25 und III, S. 26), so wie die Untersuchungen der Könitzer und Pösnecker Varietäten von Geinitz haben die dolomitische Natur des Gesteins ausser allen Zweifel gestellt. Doch

festere Masse wird von kleineren und grösseren, bald rundlichen, bald eckigen, auch spaltenförmigen und ganz unregelmässig gestalteten Höhlungen durchzogen, welche mit lockerem, sandartigem Dolomit, auch wohl mit der nachher zu erwähnenden Dolomitasche erfüllt, oder auch leer und auf ihren Wandungen mit kleinen Rhomboëdern von Kalktalkspath überdrust sind. Das Gestein erhält dadurch eine blasige, zellige, zerfressene und cavernose Structur, und erscheint besonders an solchen Felswänden, aus denen durch die Atmosphärilien der Dolomitsand ausgewaschen worden ist, mit sehr rauhen und zerrissenen, höhlenreichen und grottesken Formen. Dieses eigenthümliche Ansehen wird noch dadurch gesteigert, dass eine Schichtung entweder gar nicht bemerkbar, oder doch nur sehr undeutlich vorhanden ist, während senkrechte oder regellose, oft weit klaffende Klüfte die Felswände durchschneiden. Gelblichgraue, blaulichgraue, rauchgraue und braune Farben sind vorherrschend; auch ist das Gestein oft bituminös und stinkend. Als accessorische Bestandtheile sind besonders Schaumkalk, Kalkspath, Brauneisenerz und Eisenspath zu erwähnen.

c) Dichter Dolomit. In seinem äusseren Ansehen ist er dem dichten Kalkstein ganz ähnlich, von welchem ihn jedoch die etwas grössere Härte, das höhere specifische Gewicht und das Verhalten bei der Behandlung mit Säuren unterscheiden. Er ist nicht selten poros, blasig oder zellig (Zellendolomit, *Cargneule*), und zeigt meist weisse, gelbe, graue bis braune Farben, welche letztere oft erst in Folge der begonnenen Zersetzung hervortreten*).

d) Dolomit-Asche; (erdiger oder staubartiger Dolomit). Sie besteht aus feinen staubartigen, ganz losen, oder schwach zusammenhängenden Theilen, welche sich unter dem Mikroskope nicht selten als lauter kleine rhomboëdrische Krystalle zu erkennen geben**), ist gelb, gelblichgrau, aschgrau, rauchgrau bis braun und bräunlichschwarz, matt oder schimmernd, und geht bei stärkerem Zusammenhange ihrer Theile in sandigen und cavernosen Dolomit über. Nach Karsten ist diese Asche ihrer chemischen Zusammensetzung nach vollkommener Dolomit.

3) **Mergel** (*Marne*). Unter Mergel versteht man solche dichte Kalksteine und Dolomite, welche durch einen bedeutenden, von 20 bis 50 und mehr Procent betragenden Gehalt an Thon, und ausserdem durch eine grössere oder geringere Beimengung von feinem Quarzsand oder von Glimmerschüppchen verunreinigt, bisweilen auch mehr oder weniger bituminös sind. Sie sind gewöhnlich weicher als der gemeine Kalkstein, im Bruche erdig bis dicht und matt, und besitzen sehr häufig die Eigenschaft, sich durch die Verwitte-

giebt Karsten an, dass er in manchen Gesteinen dieses Namens nur sehr wenig Magnesia gefunden habe.

*) Leube hat gezeigt, dass ein dichtes, kreideähnliches Gestein von Dächingen unweit Ulm, welches mit Schichten des dasigen Süsswasserkalksteins verbunden ist, ganz genau die Zusammensetzung des Dolomites hat; was sehr interessant ist, weil es die ursprüngliche Bildung von Dolomit auf nassem Wege ausser allen Zweifel setzt. Neues Jahrb. der Min. 1840, S. 372.

**) Freiesleben, Geogn. Arbeiten, Bd. II, S. 38.

rung in schülfrige Lamellen aufzublättern, oder auch in flache linsenförmige Partieen abzusondern, welche weiterhin in kleine tesserale Brocken zerfallen, und endlich eine gänzliche Auflösung des Gesteins zur Folge haben*). Man kann besonders folgende Varietäten unterscheiden.

a) Bituminöser Mergelschiefer. Gerade oder auch wellenförmig schiefrig, auf den Spaltungsflächen matt oder schimmernd, schwarz bis schwärzlichbraun und schwärzlichgrau, durch die Verwitterung oder im Feuer bleichend; sehr bituminös; nicht selten mit eingesprengten Erzen, zumal mit Kupferkies, Eisenkies, Kupferglanz und Buntkupferkies (Kupferschiefer), oder mit Bleiglanz, welche Erze auch kleine accessorische Bestandmassen bilden; oft mit organischen Ueberresten, zumal von Fischen und Pflanzen.

b) Kalkmergel. Mergel mit vorwaltendem Kalkgehalte, von weissen, lichtgrauen oder gelblichen Farben, deutlich geschichtet, meist dünnschichtig, zuweilen schiefrig,

c) Dolomitmergel. Mergel mit vorwaltendem Dolomitgehalte, von ähnlichen Eigenschaften wie der Kalkmergel, doch etwas härter und schwerer, und mit Säuren nur wenig aufbrausend.

d) Glaukonitmergel. Kalkmergel, welcher mehr oder weniger reich an Glaukonitkörnern ist.

Die mit sehr viel Thon oder Quarzsand gemengten Mergel, in welchen nur ein verhältnissmässig kleiner Gehalt von kohlensaurem Kalk oder Dolomit vorhanden ist, nennt man wohl auch Thonmergel oder Sandmergel. Dass der oben S 670 beschriebene Rogenstein grossentheils zu den Mergeln gerechnet werden muss, ist bereits bemerkt worden.

§. 188. *Familie des Gypses.*

Diese Familie begreift nur die beiden Gesteine Anhydrit (oder Karstenit) und Gyps, welche sich mineralogisch wie geognostisch so nahe verwandt sind, dass sie nicht füglich in zwei verschiedene Familien getrennt werden können. Der Gyps ist wasserhaltiger, der Anhydrit dagegen wasserfreier schwefelsaurer Kalk, und der erstere giebt sich in vielen Fällen als ein blosses Umwandlungsproduct des letzteren zu erkennen, welcher im Laufe der Zeit Wasser aufnahm, und dadurch allmälig in Gyps überging**). Da nun der Gyps ein weit geringeres specifisches Gewicht oder, bei gleichem absolutem Gewichte, ein weit grösseres

*) Diese Eigenschaft, an der Luft zu zerblättern und zuletzt gänzlich zu zerfallen, betrachtet Dufrénoy als ein nothwendiges Merkmal aller Mergel. Wenigstens wird sie erfordert, wenn das Gestein für agronomische Zwecke, als Verbesserungs-Material des Ackerbodens brauchbar sein soll. *Bull. de la soc. géol. II, p.* 449.

**) Man vergleiche in dieser Hinsicht die interessante Schrift von Hausmann, Bemerkungen über Gyps und Karstenit, 1847.

Volumen hat, als der Anhydrit*), so muss natürlich diese Umwandlung des Anhydrites mit einer bedeutenden Vergrösserung seines Volumens verbunden gewesen sein, wofür auch in vielen Fällen sehr auffallende Beweise vorhanden sind.

1) **Anhydrit.** Dieses Gestein begreift die zusammengesetzten, grobkörnigen bis dichten Varietäten der gleichnamigen Mineralspecies, und besteht daher wesentlich aus Schwefelsäure und Kalkerde, nahe im Verhältnisse von 59 und 41 pro Cent. Der Anhydrit hat oft grosse Aehnlichkeit mit Kalkstein, von welchem er jedoch durch sein höheres specifisches Gewicht, (2,8 — 3), durch seine Schmelzbarkeit, durch seine im Reductionsfeuer auf Kohle zu bewirkende Umwandlung in Schwefelcalcium, und besonders dadurch zu unterscheiden ist, dass er in Säuren weder ein Aufbrausen noch eine bedeutende Auflösung erleidet. Vom Gypse unterscheiden ihn die grössere Härte, das grössere Gewicht, und der Mangel eines namhaften Wassergehaltes. Der späthige, der strahlige und der fasrige Anhydrit kommen nur in kleineren Partieen innerhalb der vorwaltenden körnigen und dichten Varietäten vor, welche allein als Gebirgsgesteine auftreten.

a) Körniger Anhydrit. Grob- bis feinkörniges, bisweilen schuppigkörniges Aggregat von Anhydrit-Individuen, welche fest und innig mit einander verwachsen sind, daher denn auch das Gestein meist völlig compact erscheint. Weisse und graue Farben sind vorwaltend, doch kommen auch licht blaue und rothe Farben vor; die rauchgrauen, schwärzlichgrauen und angeblich auch die blauen Varietäten verdanken ihre Farbe einer innigen Beimengung von Bitumen. Der Bruch ist durch die Reflexion der Spaltungsflächen der einzelnen Individuen glänzend oder schimmernd von Perlmutterglanz; übrigens ist das Gestein mehr oder weniger durchscheinend, und etwas härter und schwerer als körniger Kalkstein.

b) Dichter Anhydrit. Mikrokrystallinisch und kryptokrystallinisch, daher höchst feinkörnig bis dicht; der Bruch ist eben, uneben bis flachmuschlig im Grossen, grob- und feinsplitterig im Kleinen, schimmernd oder matt; die Farben sind meist graulichweiss, aschgrau bis rauchgrau und graulichschwarz, auch blaulichweiss bis blaulichgrau, röthlichweiss bis röthlichgrau und graulichroth.

Der Anhydrit hält nicht selten Steinsalz eingesprengt, oder in kleinen Nestern und in anderen accessorischen Bestandmassen; er ist undeutlich oder gar nicht geschichtet, und lässt auch gewöhnlich jede Andeutung von Parallelstructur vermissen.

2) **Gyps.** Er ist schwefelsaurer Kalk mit fast 21 p. C. Wasser verbunden, und selbst in seinen zusammengesetzten Varietäten, als Gebirgsgestein, von allen ähnlichen Gesteinen sehr leicht zu unterscheiden. Vorzüglich charakteristische Merkmale sind die Weichheit, vermöge welcher sich das Gestein schon mit dem Fingernagel ritzen lässt, das geringe specifische Gewicht von

*) Nach Mohs ist das Gewicht des reinen krystallisirten Gypses = 2,310, das einer weissen spaltbaren Varietät des Anhydrites = 2,899; die Dichtigkeiten beider Mineralien verhalten sich also wie 4 : 5.

nur 2,2 — 2,4, der sehr bedeutende Wassergehalt, die Schmelzbarkeit, die Reducirbarkeit zu Schwefelcalcium, und die nur schwierige Zersetzbarkeit in Salzsäure. Es sind besonders folgende Varietäten zu unterscheiden.

a) Späthiger Gyps; sehr grosskörnige Aggregate von meist linsenförmigen Individuen, welche z. Th. fusslang und noch länger sind; dieses höchst krystallinische aber durchaus ungeschichtete Gestein findet sich, gewöhnlich von gelblichen Farben, in Oberschlesien und Polen als ein Glied der dortigen Tertiärformation*). Kleinere Massen von späthigem Gyps kommen auch in den Gyps-Ablagerungen anderer Formationen, z. B. in jenen der Thüringischen Zechsteinbildung vor.

b) Schuppig-körniger Gyps. Gross- und grobkörnig, aber auch zugleich grobschuppig durch die vorwaltende Hauptspaltungsfläche der Individuen; von verschiedenen weissen, grauen, gelben, rothen und braunen Farben, z. Th. buntfarbig, oder mit grünlichem und grauem Thone gemengt und imprägnirt; undeutlich oder gar nicht geschichtet.

c) Körniger Gyps; (Alabaster z. Th.). Klein- und feinkörnig, oft lockerkörnig wie Zucker, schneeweiss, graulichweiss, gelblichweiss oder röthlichweiss, selten licht gelb oder roth; oft aber mit Bitumen imprägnirt und dadurch rauchgrau, braun bis schwärzlich gefärbt, welche Färbung gewöhnlich in Flecken, Wolken, Flammen, Adern und Streifen hervortritt. Glänzend oder schimmernd von Perlmutterglanz, durchscheinend. Er hält zuweilen Krystallgruppen und Drusen, oder Nester und Trümer von späthigem Gyps, auch wohl eingesprengte grössere Gypskrystalle.

d) Dichter Gyps. Höchst feinkörnig bis dicht; schneeweiss, graulichweiss, blaulichweiss, röthlichweiss bis röthlichgrau und fleischroth, auch gelblichweiss bis isabellgelb, und durch Beimengung von Bitumen rauchgrau bis graulichschwarz. Bruch eben oder uneben im Grossen und splittrig im Kleinen; matt, kantendurchscheinend. Ist ebenfalls oft mit grünem oder grauem Thone gemengt, und enthält nicht selten ähnliche accessorische Bestandmassen von späthigem oder strahligem Gyps, wie die vorhergehende Varietät.

Im körnigen wie im dichten Gypse kommen bisweilen accessorische Bestandtheile vor; namentlich Glimmer, Talk, Quarz, Boracit, Steinsalz, Eisenkies u. Schwefel; auch Kalktalkspath, Schaumkalk, Fahlerz, Zinkblende. — Hornstein, Anhydrit, Steinsalz und Schwefel bilden auch mitunter accessorische Bestandmassen in der Form von Nieren, Knollen, Nestern und Trümern. Auch ein lauchgrünes, oder durch Bitumen braun bis schwarz gefärbtes, wasserfreies Magnesiasilicat (3/4 kieselsaure Magnesia) bildet in manchen Gypsen theils plattgedrückte, theils knollige Concretionen.

Der körnige und der dichte Gyps sind theils deutlich geschichtet, theils völlig ungeschichtet, oft aber stark zerklüftet und von regellosen Cavitäten durchzogen, welche bisweilen zu sehr grossen Höhlen (Gypsschlotten) anschwellen.

*) Pusch verwiess diese Gypsbildung in die Kreideformation; Beyrich und v. Carnall erkannten ihre wahre Stellung.

e) Fasriger Gyps oder Fasergyps. Diese Varietät erscheint nur in der Form von plattenförmigen Lagen oder Trümern in anderen Gypsvarietäten oder noch häufiger in Thon, Schieferletten und Thonmergel. Der Fasergyps erscheint grob- bis feinfasrig, gerad- oder krummfasrig aber stets parallelfasrig, indem die Fasern fast rechtwinkelig auf den Seitenflächen der Platten stehen; er ist weiss in allen Nüancen, auch grau, gelb, roth bis braun, seideglänzend und mehr oder weniger durchscheinend.

Der Fasergyps kommt niemals ganz rein in selbständigen grösseren Ablagerungen vor, nimmt aber einen wesentlichen Antheil an der Bildung eigenthümlicher Gesteine, welche eine recht wichtige Rolle in der Gebirgswelt spielen, und, wegen ihrer hauptsächlichen Zusammensetzung aus Thon und Gyps, mit dem Namen Thongyps belegt worden sind. Dieser Thongyps besteht aus grauem, grünem oder rothem, oft buntem Thon oder Schieferletten, welcher theils mit parallelen Lagen, theils mit regellosen Trümern von Fasergyps erfüllt ist, so dass das ganze Gestein zugleich eine lagenförmige und eine durchtrümerte Structur besitzt (S. 483) und gleichsam wie von einem Netze von Gyps durchflochten erscheint. Die Gypslagen sind der Schichtung parallel, und wenn die Trümer sehr zurücktreten, so zeigt das Gestein nur noch die lagenförmige Structur. Uebrigens pflegen in diesen Thongypsen auch Nester, Klötze und kleine Stöcke von späthigem, körnigem oder dichtem Gypse vorzukommen.

f) Gypserde. Sie ist ein aus staubartigen oder feinerdigen Theilen bestehender weisser Gyps, welcher in Begleitung anderer Gypsvarietäten, gewöhnlich als die obere Lage derselben, nahe an der Erdoberfläche oder unmittelbar unter der Dammerde vorkommt.

§. 189. *Familie des Kochsalzes.*

Obgleich ausser dem Kochsalze noch manche andere Salze, wie z. B. kohlensaures Natron, Glaubersalz, Trona, Natronsalpeter, hier und da in grösseren Quantitäten, theils als Absatz von Salzseen, theils als Efflorescenz der Erdoberfläche vorkommen, so lässt sich doch nur dem Kochsalze ein so wesentlicher Antheil an der Zusammensetzung der äusseren Erdkruste zuerkennen, dass selbiges mit unter den Gebirgsgesteinen aufgeführt werden muss. Denn es bildet nicht nur als Steinsalz mächtige Ablagerungen im Schoosse vieler Gebirgsformationen, sondern es ragt auch zuweilen als solches in förmlichen Felsen und Bergen über der Erdoberfläche auf, wie z. B. bei Cardona in Catalonien, bei Szovata in Siebenbürgen, am Ilek im Gouvernement Orenburg, im Usdum an der Südseite des todten Meeres; während in anderen Gegenden grosse Thäler und weite Schluchten im Steinsalz ausgewaschen sind, wie z. B. bei Parayd und Beretz in Siebenbürgen, am Indus, da wo er südlich vom Himalaya die dortige Steinsalzkette durchbricht; am Huallaga in Peru,

wo nach Pöppig das ganze Flussthal ein einziges ungeheures Steinsalzlager von 60 geogr. Quadratmeilen Ausdehnung darstellt*).

Ein Mineral, welches in solchen Massen auftritt, hat aber unstreitig einen wohlbegründeten Anspruch darauf, den Gesteinen mit beigezählt zu werden. Uebrigens erscheint es auch als Steppensalz und Wüstensalz in weit ausgedehnten oberflächlichen Ablagerungen, als Seesalz an den Ufern vieler Salzseen, und selbst auf den Eisgefilden des Sibirischen Eismeeres, als sogenanntes Rassòl, in mehre Zoll starken grobkörnigen Lagen**). An gegenwärtigem Orte beschränken wir uns auf die Betrachtung des eigentlichen Steinsalzes.

Steinsalz. Das reine Kochsalz besteht bekanntlich aus Chlor und Natrium in dem Verhältnisse von 60 und 40 Procent; das in der Natur vorkommende Steinsalz aber ist meist durch etwas schwefelsauren Kalk, durch Chlorcalcium, Chlormagnesium und andere Salze verunreinigt; auch zeigt es oft einen kleinen Gehalt an Bitumen, ja Marcel de Serres und Joly haben in dem Steinsalze von Cardona sogar die Ueberreste von Infusorien nachgewiesen. Das Steinsalz ist durch seinen rein salzigen Geschmack, durch seine leichte Auflöslichkeit im Wasser (26,8 p. C. bei der gewöhnlichen Temperatur) und durch seine chemischen Reactionen so ausgezeichnet, dass es nicht leicht mit irgend einem andern Körper verwechselt werden kann. Es findet sich theils krystallisirt, in Krystallgruppen, Drusen und eingewachsenen hexaëdrischen Krystallen, theils und weit häufiger derb, in mancherlei Aggregaten, oder auch eingesprengt. Seine Farben sind weiss und grau in verschiedenen Nüancen, auch gelb, roth, zumal fleisch- bis ziegelroth, selten blau oder grün. Nach der verschiedenen Aggregationsweise unterscheidet man besonders folgende Varietäten.

a) Blättriges Steinsalz; in grosskörnigen oder dickstänglichen Aggregaten, welche die hexaëdrischen Spaltungsflächen der einzelnen Individuen in grossen glänzenden Blättern hervortreten lassen; kommt gewöhnlich nur in kleineren Partieen vor.

b) Körniges Steinsalz; grob-, klein- und feinkörnige Aggregate, derb und oft in grossen Massen ausgebildet; durch eine lagenweise Abwechslung der Farbenschattirung oder auch der Grösse des Korns wird oft eine recht deutliche Parallelstructur hervorgebracht, welche jedoch häufige und sehr auffallende Windungen zeigt***); auch kommen feinkörnige Varietäten von gelblicher oder röthlicher Farbe vor, in welchen graue, erbsen- bis nussgrosse Körner lagenweise eingestreut sind, während andere Varietäten durch regellos eingesprengte Körner der Art eine porphyrartige Structur erhalten.

c) Fasriges Steinsalz; grob- bis feinfasrig, in Lagen und Trümern, deren Fasern fast rechtwinklig auf ihren Seitenflächen stehen.

*) Pöppig, Reise in Chile, Peru und auf dem Amazonenstrome, II, 336.

**) Ferdinand v. Wrangel, Reise längs der Nordküste von Sibirien, II, S. 257.

***) Leopold v. Buch, Geognostische Beobb. auf Reisen u. s. w. I, S. 161.

Man unterscheidet wohl auch noch das **dichte** und das **mehlige** Steinsalz, von welchen jenes in Krusten und nierförmigen Aggregaten, dieses als Efflorescenz auf Thon vorkommt; doch sind sie beide nur als untergeordnete Varietäten zu betrachten. Das sogenannte **Knistersalz** ist eine blättrige Varietät, welche durch eingeschlossene comprimirte Gase (Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas) die Eigenschaft erhält, bei ihrer Auflösung im Wasser unter kleinen Explosionen Gasblasen auszustossen. Man kennt es von Wieliczka.

Das körnige Steinsalz kommt zwar zuweilen ganz rein in grösseren Massen (Stöcken und Lagern) vor; allein gewöhnlich ist es mit Thon, Gyps, Anhydrit, Mergel oder Dolomit vergesellschaftet, von welchen namentlich die beiden ersteren als seine normalen Begleiter anzusehen sind; weshalb denn auch die meisten Steinsalz-Ablagerungen als ganz regellose Aggregate von Thon, Steinsalz und Gyps erscheinen. Dabei bildet der Thon oder Mergel nicht selten nuss- bis faustgrosse, fragmentähnliche Partieen, welche in dem körnigen Steinsalze so zahlreich enthalten sind, dass das ganze Gestein wie eine Breccie erscheint. Das **fasrige** Steinsalz bildet Lagen und Trümer innerhalb des körnigen Salzes, des Salzthones und des Gypses.

Die Steinsalzmassen sind zwar häufig gar **nicht** geschichtet; doch ist in manchen derselben eine mehr oder weniger regelmässige Schichtung mit Bestimmtheit nachgewiesen worden. In der Regel sind die Steinsalz-Ablagerungen **frei** von organischen Ueberresten. Indessen haben Marcel de Serres und Joly, wie bereits erwähnt wurde, gezeigt, dass das Steinsalz von Cardona Infusorienreste umschliesst, von welchen sie sogar die rothe oder grüne Farbe desselben abzuleiten geneigt sind; eben so hat Philippi mitten im Steinsalze von Wieliczka Polythalamien, Muscheln und Schnecken nachgewiesen; wie denn aus dem dortigen Salzthone Ueberreste von Conchylien und Pflanzen schon lange bekannt sind, und noch neuerdings von Reuss über anderthalb hundert Species von Polythalamien entdeckt wurden*). Die so häufige bituminose Beschaffenheit des Steinsalzes und Salzthones scheint jedoch weniger von organischen Körpern, als von der bei ihrer Bildung Statt gefundenen Entwickelung von Steinöl abgeleitet werden zu müssen.

§. 190. *Familien des Eisenspathes, Barytes und Flussspathes.*

Nächst dem Kalksteine und Dolomite ist unstreitig der Eisenspath dasjenige kohlensaure Salz, welches noch am häufigsten theils in grösse-

*) Neues Jahrb. für Mineralogie, 1843, S. 568, und Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie, II, 1848, S. 173. Im Salzthone von Cardona hat Marcel de Serres, und in dem aus den Alpen Schafhäutl Infusorien nachgewiesen. Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 51, 1844, S. 261. Diese Thatsachen sind wichtig für die Theorie der Steinsalzbildung. Die Gemshaare, die Holzspäne u. dgl., welche in manchen Steinsalzmassen der Alpen vorkommen, sind erst in der Neuzeit hinein gelangt, und finden sich in den Massen des sogenannten **regenerirten** Steinsalzgebirges, deren **grosse Aehnlichkeit** mit den **ursprünglich** abgelagerten Massen ebenfalls sehr beachtenswerth ist.

ren selbständigen Massen, theils in der Form von accessorischen Bestandmassen vorkommt. Es sind besonders die beiden Varietäten des eigentlichen Eisenspathes und des thonigen Sphärosiderites zu unterscheiden.

1) **Eisenspath.** Gross- und grobkörnige Aggregate aus rhomboëdrischen Individuen mit deutlicher Spaltbarkeit; er ist meist erbsengelb, isabellgelb bis gelblichgrau, wird an der Luft allmälig braun und schwarz, hat das specifische Gewicht 3,7 — 3,9, und besteht hauptsächlich aus kohlensaurem Eisenoxydul, mit grösserer oder geringerer Beimischung von kohlensaurer Magnesia und kohlensaurem Manganoxydul. Er bildet Ablagerungen, welche mitunter eine sehr bedeutende Ausdehnung erlangen, wie denn z. B. bei Eisenerz in Steiermark ein gewaltiger Berg grossentheils aus ihm besteht; auch manche Erzgänge werden hauptsächlich nur von Eisenspath gebildet.

2) **Thoniger Sphärosiderit.** Ein sehr feinkörniger bis dichter, mit mehr oder weniger Thon innig gemengter Eisenspath, dessen specifisches Gewicht daher gewöhnlich nur 3,0—3,5 zu betragen pflegt. Aschgrau, rauchgrau, blaulichgrau, röthlichgrau bis röthlichbraun und leberbraun; der Bruch ist flachmuschlig bis eben im Grossen, feinsplittrig, erdig oder dicht im Kleinen, schimmernd bis matt. Dieser Sphärosiderit bildet theils Nieren und Lenticularmassen, theils stetig fortsetzende Lagen, zumal in der Steinkohlen- und Braunkohlenformation. Die Nieren sind oft im Innern zerborsten, und führen auf den so entstandenen Räumen Kalkspath, Eisenspath, Baryt, Bergkrystall, Eisenkies, Zinkblende, Bleiglanz, Asphalt u. a. Mineralien, umschliessen auch nicht selten in ihrer Mitte organische Ueberreste, z. B. sehr schöne und scharf ausgeprägte Pflanzenabdrücke.

Kieseligen Sphärosiderit könnte man die eigenthümlichen, fein sandsteinähnlichen Gesteine nennen, welche wesentlich aus manganhaltigem Sphärosiderit und Quarzsand oder Kieselerde bestehen, in der Fucoidenformation der Baierischen Voralpen vorkommen, und förmlich als Eisenerze gewonnen und benutzt werden*).

Baryt oder Schwerspath ist eine seltnere Erscheinung als der Eisenspath. Zwar werden viele und mitunter recht mächtige Gänge fast gänzlich oder grösstentheils von Baryt gebildet; in anderen Formen ist er aber bis jetzt noch wenig beobachtet worden.

So erscheint er bisweilen in der Form von accessorischen Bestandmassen; als solche erwähnen wir die Nieren von grünlichgrauem radialstänglichem Baryt im Mergel des Monte-Paterno bei Bologna (den sogenannten Bologneserspath), die ellipsoidischen Nieren von schwarzem Baryt (Hepatit) aus dem Alaunschiefer von Andrarum in Schonen, und die Knollen von erdigem Baryt im Braunkohlenthone von Nenkersdorf bei Frohburg in Sachsen.

In der Form von grösseren selbständigen Gebirgsgliedern ist der Baryt nur äusserst selten beobachtet worden. Nach Zimmermann findet

*) Schafhäutl, im Neuen Jahrb. für Min. 1846, S. 664.

sich am Restberge, bei Gittelde im Herzogthum Braunschweig, eine Kuppe von Baryt, welche mit einem daselbst zwischen Stinkstein und Brauneisenerz liegenden Barytlager, vielleicht auch mit denen in der Gegend aufsetzenden Barytgängen in sehr naher Beziehung zu stehen scheint. Bei Neurod im Herzogthum Nassau bildet feinkörniger bis dichter Baryt mit Quarz ein Lager im Talkschiefer; und im Jahre 1845 ist durch v. Dechen das merkwürdige Vorkommen eines bis 10 Fuss mächtigen und über ½ Meile weit fortsetzenden Lagers von dunkelgrauem dichtem Baryt im Thonschiefer von Meggen, im Lennethale in Westphalen, nachgewiesen worden*).

Flussspath. Derselbe bildet zwar keine selbständigen Gebirgsmassen, wohl aber bisweilen so mächtige Gänge, dass selbige wie Felsen zu Tage austreten. Er ist dann gewöhnlich als dichter Flussspath ausgebildet, und erscheint auf diese Weise bei Rottleberode und Strassberg am Harze, dagegen als grüner Flussspath bei Liebenstein am Thüringer Walde, woselbst er in haushohen Felsen hervorragt.

Vierte Ordnung. Krystallinische Erzgesteine.

§. 191. *Familie des Eisenerzes.*

Obgleich von denjenigen Mineralien, welche der Bergmann als Erze zu bezeichnen pflegt, vielerlei verschiedene Species entweder einzeln, in der Form von accessorischen Bestandtheilen und Bestandmassen, oder auch zu mehren verbunden, in der Form von untergeordneten Gebirgsgliedern, von Gängen, Lagern und Stöcken auftreten, so sind es doch besonders gewisse Eisenerze, welche insofern eine grössere geologische Bedeutung gewinnen, wiefern sie theils als wesentliche Bestandtheile gewisser Gesteine, theils als das hauptsächliche Material gewisser Schichten und anderer, nicht unbedeutender Ablagerungen vorkommen. Dahin gehören ausser dem Magneteisenerz und Glanzeisenerz auch gewisse Varietäten des Rotheisenerzes und das sogenannte Bohnerz.

Indem wir diese Erze selbst als bekannt voraussetzen, erinnern wir nur daran, wie das Magneteisenerz, gewöhnlich in Begleitung von Gra-

*) Vergl. Zimmermann, das Harzgebirge, 1834, I, S. 151; Sandberger, Uebersicht der geol. Verh. des Herz. Nassau, S. 11; und v. Dechen, im Archiv für Min., Geogn. u. s. w. Bd. 19, S. 748 f.

nat, Pyroxen, Amphibol u. a. Silicaten, so ansehnliche Massen bilden kann, dass es in förmlichen Bergen zu Tage austritt. Dergleichen Magnetberge sind z. B. der 400 Fuss hohe Taberg bei Jönköping in Schweden, der 280 F. hohe Wissokaja-Gora bei Nischnetagilsk, der 483 F. hohe Blagodat bei Kuschwinsk, der Katschkanar bei Nischneturinsk, alle drei im Ural, und der 300 F. hohe Magnetberg von Durango in Mexico*). Aber auch das Glanzeisenerz erscheint zuweilen in ähnlichen colossalen Massen, wie z. B. bei Gellivara in Lappland, auf der Insel Elba am Monte Calamita und bei Porto Lungone, und am 680 F. hohen Piton-Knob bei Fredericton im Staate Missouri**). Eben so bildet das gewöhnliche Rotheisenerz häufig Gänge und Lager von recht ansehnlichen Dimensionen.

Als eigentliche Eisenerz-Gesteine, welche in förmlichen Schichten und Schichtensystemen auftreten, dürften aber noch ausserdem besonders folgende aufzuführen sein.

1) **Eisenglimmerschiefer.** Dieses Gestein besteht wesentlich aus Quarz und Eisenglimmer, welcher letztere in isolirten Lamellen oder in zusammenhängenden Membranen auftritt, und die körnigschiefrige Structur des Aggregates bestimmt. Zuweilen ist der Quarz in reineren Lagen zusammengehalten, während er in anderen Fällen gänzlich verschwindet, wo denn das Gestein nur als dünnschiefriges Eisenerz erscheint. Der Eisenglimmerschiefer ist sehr deutlich geschichtet, führt als accessorische Bestandtheile Gold, Eisenkies, Talk und einige andere Mineralien, und geht durch Ueberhandnehmen des Talkes und Zurücktreten des Eisenglimmers in Itakolumit (S. 546) über, mit welchem er überhaupt in sehr naher geognostischer Verwandtschaft steht.

Man kannte diess Gestein früher nur aus Brasilien, wo es bei Itabira, Antonio-Pereira, am Fusse der Serra do Caraca und und an vielen anderen Puncten in mächtigen und weit fortsetzenden Schichten und Schichtensystemen zwischen Itakolumit und Thonschiefer vorkommt. Doch ist es im Jahre 1813 von Schmidt auch im Hunsrück, zwischen Gebroth und Winterburg aufgefunden, und dieses sein Vorkommen später von Steininger und von Nöggerath bestätigt worden. Indessen sind die dortigen Varietäten frei von allen accessorischen Bestandtheilen***). Nach Coquand findet sich ein ähnliches Gestein in der Glimmerschieferkette de la Sauvette, bei Garde-Freinet in der Provence, wie denn überhaupt der Glimmerschiefer in Eisenglimmerschiefer übergeht, sobald in ihm der Glimmer durch Eisenglimmer ersetzt wird†).

*) Emil Schleiden, im Neuen Jahrb. für Min. 1839, S. 303.

**) *Featherstonhaugh, A Canoe-Voyage up the Minuay-Sotor.* 1847.

***) Nöggerath, in Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 16, 1842, S. 515 f.

†) *Elie de Beaumont, Explication de la carte géologique de la France, I, p.* 458.

2) **Itabirit.** Ein aus Glanzeisenerz, Eisenglimmer, Magneteisenerz und etwas Quarz oder Eisenkiesel bestehendes Gestein, von theils körnig-schiefriger, theils dichter Structur. Als accessorische Bestandtheile erwähnt Eschwege Gold, Talk, Chlorit und Strahlstein, und als die gewöhnlichsten Uebergänge die in Eisenglimmerschiefer und Itakolumit. Dieses Gestein ist bald deutlich geschichtet, bald massig in unförmlichen Felsen ausgebildet, und findet sich nach Eschwege am Pic von Itabira, an der Serra-da-Piedada, wo es eine gegen 1000 Fuss mächtige Ablagerung bildet, und an anderen Orten Brasiliens.

3) **Oolithisches Eisenerz.** Dieses aus lauter ganz kleinen, linsenförmigen Concretionen bestehende und gewöhnlich mit etwas Thon oder Eisenocker gemengte Eisenerz kommt in selbständigen Schichten von grösserer oder geringerer Mächtigkeit innerhalb mehrer sedimentärer Gebirgsformationen von sehr verschiedenem Alter, besonders häufig aber in der Lias- und Jura-Formation vor. Es ist oft reich an organischen Ueberresten, besonders von Muscheln, Schnecken und Cephalopoden, deren oft weisse Schalen in der rothbraunen Gesteinsmasse sehr hervorstechen.

4) **Bohnerz.** Dieses Erz bildet kleine Kugeln von einer Linie bis zu zwei Zoll, meist von 5 bis 6 Linien Durchmesser, und von concentrisch dünnschaliger Structur, welche auf frischem Bruche schmutzig olivengrün bis gelb erscheinen. Sie sind wesentlich halbkieselsaures Eisenoxydul, und bilden, in grosser Menge zusammengehäuft, mit eisenschüssigem Thone (zuweilen auch mit Jaspiskugeln) eigenthümliche Ablagerungen, z. B. bei Kandern im Grossherzogthum Baden, im Kanton Aargau und Schafhausen, in den Depp. der oberen Saône, des Doubs und des Oberrheins.

Zweite Classe. Klastische Gesteine.

§. 192. *Verschiedener Habitus und verschiedene Bildungsart derselben.*

Es wurde bereits oben S. 544 auf die eigenthümlichen Schwierigkeiten hingewiesen, welche sich einer petrographischen Darstellung der klastischen Gesteine entgegenstellen. Denn, wenn auch im Allgemeinen nicht geläugnet werden kann, dass dabei das Material der sie zusammensetzenden Bruchstücke als das wichtigste Argument zu Grunde gelegt werden müsse, so kommen wir doch bei solchen Gesteinen in einige Verlegenheit, welche aus den Bruchstücken verschiedener Gesteinsarten bestehen, ohne dass irgend eine Art ein entschiedenes Vorwalten behauptet. Auch lässt es sich nicht abläugnen, dass es manche klastische Gesteine giebt, in welchen das Cäment beinahe denselben, ja vielleicht einen noch höheren Grad von Wichtigkeit erlangt, als das Material der Fragmente; wie solches namentlich bei gewissen eruptiven Conglomeraten der Fall ist.

Dieser Umstand, so wie die, nach Maassgabe ihrer verschiedenen Bildungsweise etwas verschiedene Erscheinungsweise der klastischen Gesteine, macht es denn auch nothwendig, ihrer Beschreibung einige allgemeine Bemerkungen über die verschiedenen Operationen vorauszuschicken, durch welche ihre Bildung von der Natur bewerkstelligt worden ist.

Die meisten und die am weitesten verbreiteten klastischen Gesteine sind Alluvionsgebilde, d. h. sie erweisen sich als das Product der Zerstörung und Fortschwemmung durch Wasser. Es wurden nämlich zu allen Zeiten die an der Erdoberfläche bereits existirenden Gesteine durch die Fallthätigkeit der Gewässer in Angriff genommen, die dadurch gebildeten Schuttmassen in der Form von Blöcken und Fragmenten, von Geschieben und Geröllen, von Sand und Staub mehr oder weniger weit fortgeschwemmt, und endlich irgendwo, theils auf dem Grunde von Landseen, theils auf dem Grunde des Meeres in Schichten abgesetzt. In allen solchen Fällen war es also die Kraft des bewegten Wassers, durch welche der Gesteinsschutt entstand, durch welche er fortgeschafft und zum Absatze gebracht wurde. Die Schichten der so gebildeten klastischen Gesteine sind daher sedimentäre Schichten (S. 497), und wir können diese Gesteine selbst neptunische Alluvionsgebilde nennen, um es anzudeuten, dass ihre ganze Bildung lediglich das Werk des Wassers gewesen ist. Dahin gehören bei weitem die meisten Conglomerate, Sandsteine, Schieferthone u. s. w., überhaupt sehr viele Gesteine von psephitischer, psammitischer und pelitischer Natur.

Es giebt aber auch viele klastische Gesteine, welche nicht lediglich durch die Wirkung des Wassers gebildet wurden. Dahin gehören zuvörderst diejenigen sedimentären Gesteine, deren Material wesentlich aus losen vulcanischen Auswürflingen besteht. Ihre als Lapilli, als Sand und Asche erscheinenden Elemente sind eruptiver Gesteinsschutt, welcher jedoch später durch das Wasser bearbeitet, gesichtet und in Schichten ausgebreitet worden ist. Dergleichen Gesteine, welche gewöhnlich als sogenannte vulcanische Tuffe erscheinen, können daher füglich als vulcanische Alluvionsgebilde bezeichnet werden. Sie lassen sich gewissermaassen als amphotere Gebilde betrachten, weil ihr Material durch vulcanische Eruptionen geliefert wurde, während ihre Ablagerungsform durch die Wirkung des Wassers bestimmt worden ist. Wie sich aber noch gegenwärtig bei vulcanischen Eruptionen solche Gesteine ausbilden, so mag diess auch in früheren geologischen Perioden der Fall gewesen sein, als ganz andere Gesteine, nach Art der jetzigen Laven, aus dem Innern der Erde hervorbrachen, wobei gleichfalls lose

Auswürflinge zu Tage gefördert worden sein können, obgleich es vielleicht damals noch gar keine permanenten Vulcane gab.

Noch andere, zumal breccien- und conglomeratartige Gesteine sind ohne irgend eine wesentliche Mitwirkung des Wassers entstanden. Man hat sie Reibungsbreccien und Reibungsconglomerate genannt, und sie lassen sich daher überhaupt als Frictionsgebilde bezeichnen. Es wurden jedoch auch diese klastischen Gesteinsmassen auf zweierlei verschiedene Arten gebildet, weshalb wir sie als eruptive und contusive Frictionsgebilde unterscheiden müssen.

Die eruptiven Frictionsgesteine entstanden nämlich dadurch, dass sich, während zähflüssiges Gesteinsmaterial nach Art der Laven aus Spalten der Erdkruste zur Eruption gelangte, eine Menge von Bruchstücken anhäufte, welche theils von den Spaltenwänden losgesprengt, theils durch die wiederholte Zertrümmerung und Zerwürgung der oberen, bereits erstarrten Massen des hervorbrechenden Gesteins selbst geliefert wurden, daher denn dieses letztere Massen von breccienartiger Natur vor sich herausschob; Breccien und Conglomerate, deren Fragmente und Geschiebe bald dicht auf einander gehäuft, bald in der eruptiven Gesteinsmasse eingeschlossen, und theils von derselben, theils von anderer Natur sind, als dasjenige Gestein, durch dessen Wirkung sie gebildet wurden. (Manche Porphyr-, Trachyt- und Grünsteinbreccien.) Diejenigen eruptiven Frictionsgesteine, deren Fragmente in der eruptiven Gesteinsmasse selbst eingewickelt sind, haben oft ein sehr vorwaltendes Cäment, welches krystallinischer Natur und für die Physiographie dieser Gesteine von grosser Bedeutung ist.

Die contusiven Frictionsgesteine dagegen sind solche, welche lediglich in Folge gewaltsamer Bewegungen grösserer oder kleinerer Theile der Erdkruste, durch eine innere Zerbrechung und Zermalmung des von diesen Convulsionen betroffenen Gesteins an Ort und Stelle gebildet wurden, ohne dass mit ihnen das Material eines eruptiven Gesteins unmittelbar in Conflict und Verbindung getreten ist. (Grünstein-Conglomerat bei Crumbach unweit Hainichen; Gneissbreccie am Südrande des Tharander Waldes; Kalksteinbreccie im östlichen Theile der Niesenkette*); die Lettenbestege mancher Erzgänge.)

Beide Arten von Frictionsgebilden gehen übrigens nicht selten in Alluvionsgebilde über. Wenn nämlich der Act der Eruption oder der

*) Studer, Geologie der westl. Schweizeralpen, S. 245. Auch die Kalksteinbreccie der Spielgärtenkette gehört hierher.

Contusion unter Wasser Statt fand, so wird sich auch dieses Element an dem Kampfe der plutonischen Kräfte betheiligt haben; die durch diese letzteren gebildeten Fragmente werden zum Theil vom Wasser ergriffen und fortgerollt, dabei noch weiter zerstückelt und mehr oder weniger abgerundet worden sein, und so kann es vorkommen, dass eine und dieselbe Ablagerung nahe an ihrem Ursprungsorte als eine Reibungsbreccie erscheint, während sie weiterhin mehr und mehr den Charakter eines zusammengeschwemmten Conglomerates oder Sandsteins entwickelt. (Porphyrbreccie von Giebichenstein, am Ufer der Saale gegen Halle zu.)

Während die Alluvionsgebilde in der Regel eine deutliche Schichtung besitzen, so folgt aus der ganzen Entstehungsart der Frictionsgebilde, dass ihnen an und für sich entweder gar keine, oder nur eine höchst undeutliche und unregelmässige Schichtung zukommen kann. Wo sie jedoch durch die Mitwirkung des Wassers den Charakter einer Alluvionsbildung annahmen, oder wo sich das eruptive, mit Fragmenten erfüllte Material selbst in effusiven Schichten ausgebreitet hat, da wird sich allerdings eine Schichtung nachweisen lassen.

Endlich ist noch eine Art von klastischen Gesteinen zu erwähnen, welche sich nicht mit einer der bisher aufgeführten Arten vereinigen lässt. Es sind diess die aus vulcanischen Auswürflingen, durch deren Niederfall auf die Erdoberfläche (also wesentlich durch die Wirkung der Schwerkraft) gebildeten Gesteinsschichten, welche theils die vulcanischen Eruptionskegel zusammensetzen, theils in der Umgebung der Vulcane angetroffen werden, und bisweilen im Laufe der Zeit zu einem ziemlich festen Zusammenhange ihres Materials gelangt sind. Sie lassen sich als vulcanische Dejectionsgesteine bezeichnen.

Dass alle diese klastischen Gesteine, sie mögen nun auf dem einen oder dem anderen Wege gebildet worden sein, einen sehr verschiedenen Habitus zeigen werden, je nachdem der zu ihrer Bildung beitragende Gesteinsschutt gröber oder feiner ist, diess bedarf keiner Erinnerung. Auch wurde bereits oben, S. 484, der dreifache Habitus, welcher überhaupt zur Unterscheidung zn bringen sein dürfte, nach der entsprechenden Structur, als psephitischer, psammitischer und pelitischer Habitus unterschieden. Diese drei Abstufungen können aber durch so allmälige Uebergänge in einander verlaufen, dass in einer und derselben Ablagerung eines klastischen Gesteins nicht nur abwechselnd von einer Schicht zur andern, sondern auch innerhalb einer und derselben Schicht bald psephitische, bald psammitische, bald pelitische Gesteins-Varietäten auftreten, und folglich die Grösse des Korns nur ein minder wichtiges Argument für die Unterscheidung der klasti-

schen Gesteine liefert. Immer wird das Material der Fragmente, bisweilen wohl auch das Material des Cämentes vorzugsweise zu berücksichtigen sein, wenn es sich um die Bestimmung und Benennung eines klastischen Gesteins handelt.

Der Habitus der kleinstückigen und körnigen klastischen Gesteine ist auch oft ein sehr verschiedener, je nachdem diejenigen Gesteine, von welchen die Brocken und Körner abstammen, der Zersetzung mehr oder weniger unterworfen sind. Quarz, Quarzit und Kieselschiefer sind z. B. ganz unzerstörbar; Glimmer und Orthoklas widerstehen der Zersetzung weit kräftiger, als Hornblende und Augit, als Labrador und Oligoklas. Während daher die Quarzsandsteine und die aus Granit- und Gneiss-Detritus bestehenden Gesteine meistentheils ein sehr frisches Ansehen behaupten, so zeigen die aus feinerem Detritus von Grünstein, Trachyt, Basalt gebildeten Gesteine oft ein sehr zerstörtes Ansehen, indem die kleinen Gesteinsbrocken mehr oder weniger zersetzt wurden, daher verfärbt, weich und matt erscheinen, und mit ihren Contouren weniger scharf hervortreten. Man pflegt diesen eigenthümlichen Habitus durch das Wort Tuff auszudrücken (S. 487), und bezeichnet daher solche psammitische und pelitische Gesteine als Grünsteintuffe, Trachyttuffe, Basalttuffe, u. s. w.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen wenden wir uns nun zur besonderen Betrachtung der wichtigsten klastischen Gesteinsarten.

§. 193. *Klastische Gesteine aus der Ordnung der Kieselgesteine.*

Sie erscheinen theils als Psephite, theils als Psammite, von bald sehr festem, bald lockerem Zusammenhange, oft auch ohne allen Zusammenhang, als lose Geröll- und Sandmassen. Die wichtigsten Arten derselben sind etwa folgende:

1) **Quarzitbreccie** und **Quarzitconglomerat.** Eckige Bruchstücke, oder Geschiebe und Gerölle von Quarzit und Quarz, bisweilen mit einzelnen Fragmenten und Geröllen anderer Gesteine, sind durch ein kieseliges, eisenschüssiges, thonschieferartiges oder thoniges Cäment zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Namentlich pflegen die Varietäten mit kieseligem und eisenschüssigem Cämente ausserordentlich fest und schwer zersprengbar zu sein (Felsen des Lichtensteins bei Gosberg unweit Hainichen; Quarzitconglomerate der Braunkohlenformation). Uebrigens sind diese Gesteine bald sehr regelmässig, bald undeutlich geschichtet.

2) **Phthanitbreccie** und **Phthanitconglomerat.** Eckige Fragmente, oder Geschiebe und Gerölle von Phthanit (Kieselschiefer und Lydit), sind durch ein gewöhnlich kieseliges Cäment zu einem sehr festen

Gesteine verbunden. Diese Gesteine finden sich nicht selten im Gebiete der sogenannten Grauwackenformation.

3) **Flintconglomerat.** Gerölle von Flint oder Feuerstein sind durch ein hornsteinartiges, oft mit Körnern von Quarzsand erfülltes Cäment zu einem äussert festen Gesteine verbunden. Hierher gehört z. B. der sogenannte Puddingstein aus Herefordshire und anderen Gegenden Englands, dessen Flintgerölle gewöhnlich mit einer Art von concentrischer Farbenzeichnung versehen sind.

4) **Quarzpsammit, Quarzsandstein** oder Gewöhnlicher Sandstein*). Kleine eckige oder abgerundete Körner von Quarz sind durch verschiedene Cämente zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Das Cäment ist bald kieseliger, bald kalkiger, bald thoniger, bald eisenockriger Natur, und im letzteren Falle entweder roth oder braun und gelb, je nachdem es aus Eisenoxyd, oder aus Eisenoxydhydrat besteht. Gewöhnlich ist es nur in geringer Menge vorhanden; bisweilen wird es ziemlich vorwaltend, während es in anderen Fällen so äusserst sparsam auftritt, dass es kaum zu erkennen ist; ja, es giebt viele scheinbar cämentlose Sandsteine, welche fast nur aus dicht an einander gepressten reinen Quarzkörnern bestehen (Varietäten von Quadersandstein und Braunkohlensandstein).

Da die Quarzsandsteine eine sehr wichtige Rolle in der Gebirgswelt spielen, so müssen wir ihre Verhältnisse etwas genauer in Betrachtung ziehen.

Die Quarzkörner sind bald grob, bald fein, erbsengross bis zu mikroskopischer Kleinheit herabsinkend, oft scharfeckig, ohne eine deutliche Spur von Abschleifung erkennen zu lassen. In manchen sehr reinen Sandsteinen erhalten sie ein krystallinisches Ansehen, zeigen Rudimente von einzelnen Krystallflächen, ja sogar mehr oder weniger vollständige Krystallformen; dergleichen Sandsteine schliessen sich an die oben S. 548 beschriebenen krystallinischen Quarzpsammite an. Ueberhaupt aber ist es eine beachtenswerthe und schon von Gerhard**) hervorgehobene Thatsache, dass die Quarzkörner sehr vieler Sandsteine mehr eckig als abgerundet sind, und aus ganz klarem und fast farblosen Quarze bestehen, was bei dem Quarze der Granite und Gneisse nur selten der Fall ist. Wenn die Quarzkörner grösser werden, so gehen sie

*) Wie man im gewöhnlichen Leben unter Sand blos Quarzsand zu verstehen pflegt, so nennt man auch alle, vorwaltend aus Quarzsand bestehenden psammitischen Gesteine schlechthin Sandstein. Dagegen ist auch nichts einzuwenden, weil die meisten psammitischen Gesteine wirklich Quarzsandsteine sind. Da jedoch das sandige Material gewisser Psammite von ganz anderen Mineralien und Gesteinen geliefert worden ist, so scheint es zur Vermeidung von Missverständnissen zweckmässig, die Benennungen der verschiedenen Varietäten des Quarzsandsteins nicht durch Apposition, sondern durch Adjectiva zu bilden, also z. B. einen Sandstein mit kalkigem Cämente nicht Kalksandstein, sondern kalkigen Sandstein zu nennen.

**) Abhandl. der Berliner Akademie aus den Jahren 1816 u. 1817, S. 13. Aehnliche Bemerkungen wurden schon früher von Voigt gemacht. Kleine mineralogische Schriften, I, S. 162 ff.

in Gerölle, und die Sandsteine selbst in Conglomerate über; dabei pflegen die vorerwähnten scharfkörnigen und semikrystallinischen Sandsteine die Merkwürdigkeit zu zeigen, dass ihre Quarzgerölle gleichsam eine geätzte, wie durch ein Auflösungsmittel angegriffene, daher sehr frische und glänzende Oberfläche haben.

In einigen Sandsteinen treten, statt klastischer oder krystallinischer Quarzkörner, eckige oder rundliche Körner von amorpher Kieselerde auf, wie Schafhäutl gezeigt hat*). Diese amorphen Kieselklümpchen sind theils undurchsichtig und matt, gleichsam wie mit Mehl bestreut, theils durchscheinend und muschlig im Bruche, theils durchsichtig, und dann glänzend und oft schön roth oder grün gefärbt, welche Farbe von eingeschlossenen Infusorien (*Xanthidium hirsutum*) herrühren soll, die bald grün bald roth erscheinen. Auch fand Schafhäutl in manchen Sandsteinen die amorphe Kieselerde in der Form lauter kleiner, keilförmiger Splitter ausgebildet, weshalb das verwitterte Gestein äusserst scharf anzufühlen ist.

Das Cäment der Sandsteine ist zuweilen selbst kieselig, und dann pflegen die Quarzkörner sehr innig mit demselben verwachsen und verschmolzen zu sein, wodurch äusserst dichte und feste Gesteine, die kieseligen Sandsteine entstehen. In anderen Fällen besteht das Cäment fast nur aus Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, welche nicht nur die Quarzkörner wie mit einem feinen Hauche überziehen, sondern auch die Zwischenräume derselben erfüllen. Dadurch entstehen die eisenschüssigen Sandsteine von rother oder röthlichbrauner, und gelblichbrauner oder ockergelber Farbe. Zuweilen erscheint nur Kaolin als Cäment; kaolinische Sandsteine. Sehr häufig ist es auch Thon von verschiedenen Farben, welcher das Bindemittel der Quarzkörner bildet; die dadurch bedingten thonigen Sandsteine sind meist feinkörnig oder sehr feinkörnig, auch weich, und zwar um so weicher, je reichlicher der Thon vorhanden ist. In manchen Sandsteinen tritt als das hauptsächliche Bindemittel kohlensaurer Kalk auf, welcher theils unscheinbar als dichter Kalk zwischen den Sandkörnern vertheilt ist, theils deutlich als Kalkspath das ganze Gestein imprägnirt, oder sich wenigstens stellenweise als solcher bemerklich macht. Die so entstehenden kalkigen Sandsteine brausen mehr oder weniger lebhaft mit Säuren, und können zuweilen 30 und mehr Procent kohlensauren Kalk enthalten. Dabei wird jedoch oft ein bedeutender Theil des kohlensauren Kalkes durch kohlensaures Eisenoxydul, zuweilen auch ein kleinerer Theil durch kohlensaure Magnesia vertreten, wie solches namentlich in den Fucoiden-Sandsteinen von Zeuschner und Schafhäutl nachgewiesen worden ist**). Diese kalkigen Sandsteine sind oft sehr feinkörnig und fast dicht, auch nicht selten durch einen ansehnlichen Gehalt von Bitumen ausgezeichnet. Wenn das Bindemittel zugleich kalkig und thonig ist, so wird das Gestein wohl auch als mergliger Sandstein bezeichnet.

Die Sandsteine sind sehr häufig mit Glimmer gemengt, was namentlich in den thonigen Varietäten ganz gewöhnlich der Fall ist, und, bei einer reich-

*) Neues Jahrbuch für Min. 1846, S. 648 f.

**) Zeuschner, im Neuen Jahrb. für 1843, S. 166, und Schafhäutl ebend. 1846, S. 665 f.

licheren Anhäufung der Glimmerschuppen, eine sehr ausgezeichnete Parallelstructur, ja sogar eine schiefrige Structur zur Folge hat, weshalb solche Varietäten Sandsteinschiefer genannt worden sind. Diese Glimmerschuppen sind wohl jedenfalls als zugeschwemmte klastische Elemente, als Glimmerfragmente zu betrachten, indem sich die betreffenden Sandsteine nach allen ihren Verhältnissen als neptunische Alluvionsgebilde zu erkennen geben, in welchen eine ursprüngliche Bildung von Glimmer nicht wohl anzunehmen ist.

Manche, und zumal gewisse merglige oder kalkige Sandsteine enthalten Glaukonit als accessorischen Gemengtheil, weshalb sie glaukonitische Sandsteine genannt werden. Die Glaukonitkörner sind bald sparsam, bald reichlich vorhanden, und haben zuweilen einen bedeutenden Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins. Auch kommen in einigen Sandsteinen sparsame Feldspathkörner vor, welche theils frisch, theils zu Kaolin zersetzt sind, und, wenn sie häufiger auftreten, einen Uebergang des Quarzsandsteins in den Arkos vermitteln, welcher als ein psammitisches Gestein der Granitfamilie zu betrachten ist. Uebrigens finden sich hier und da in den Sandsteinen noch mancherlei andere Mineralien als accessorische Gemengtheile ein, deren Auftreten jedoch mehr zufällig ist, daher solches in der Formationslehre gelegentlich mit zur Erwähnung gebracht werden soll.

Accessorische Bestandmassen sind ebenfalls nicht selten. Besonders häufig haben Kalkspath, Quarz und Brauneisenerz dergleichen geliefert. Manche Sandsteine sind förmlich durchstrickt von einem Netze härterer, hornsteinähnlicher Gesteinsmasse, was besonders an den verwitterten Felswänden recht sichtbar wird; andere sind stellenweise in seltsam gestalteten rundlichen Formen oder in gewundenen Flächen von Eisenoxydhydrat imprägnirt, welches zugleich eine grössere Festigkeit dieser Partieen bedingt; noch andere sind ausgezeichnet durch das häufige Vorkommen flacher oder rundlicher Nester von Thon, der sogenannten Thongallen (Sandsteine der Buntsandsteinformation).

Die Farben der Sandsteine sind sehr verschieden; zuvörderst weiss und grau in allen möglichen Nüancen; so namentlich die kieseligen, kalkigen, thonigen und die cämentlosen Sandsteine; gelb, braun und roth, die eisenschüssigen Sandsteine; grün, die glaukonitischen und manche mit grünem thonigen Cäment versehene Sandsteine; schwarz, manche kohlige, bituminöse oder auch durch Manganoxyde gefärbte Sandsteine. Auch kommen nicht selten buntfarbige Sandsteine vor, indem verschiedene, bisweilen sehr grell abstechende Farben in der Form von Streifen, Flammen, Wolken und Flecken mit einander verbunden sind, daher das Gestein gestreift, gefleckt, gesprenkelt u. s. w. erscheint.

Plane Parallelstructur ist eine bei den Sandsteinen sehr häufige Erscheinung, obgleich sie in manchen Varietäten gänzlich vermisst wird. Sie wird hervorgebracht theils durch Glimmerschuppen, theils durch einen lagenweisen Wechsel in der Grösse des Kornes, in der Farbe und in der sonstigen Beschaffenheit des Gesteins, theils durch die parallele Ablagerung oder lagenweise Vertheilung organischer Ueberreste und anderer Einschlüsse.

Die Sandsteine zeigen gewöhnlich eine sehr deutliche Schichtung, welche zwar zuweilen, bei grosser Mächtigkeit der Schichten, weniger leicht

zu erkennen, in anderen Fällen aber so ausgezeichnet ist, dass sie eine dünn plattenförmige Absonderung bedingt. Sie wird theils nur durch Schichtungsfugen, theils durch dünne Zwischenlagen von Thon oder Schieferthon bestimmt. Die Schichtungsflächen sind nicht selten mit Wülsten, Knoten, Wellenfurchen und mancherlei organischen Formen, bisweilen mit Steinsalzkrystalloiden, Thierfährten und Netzleisten versehen. Die Schichten mancher Sandsteine zeigen eine mehr oder weniger auffallende discordante Parallelstructur (S. 486), während andere stellenweise mit einer transversalen Plattung versehen sind. Kuglige Gesteinsformen sind selten, wogegen quaderförmige und pfeilerförmige Absonderung eine bei gewissen Sandsteinen ziemlich häufige Erscheinung ist.

Die Sandsteine erweisen sich häufig als fossilhaltige Gesteine. Die in ihnen eingeschlossenen Muscheln, Schnecken, Cephalopoden und ähnlichen Ueberreste haben aber gewöhnlich nur Steinkerne und Abdrücke hinterlassen; selten ist die kalkige Schale noch vorhanden. Die Pflanzen werden ebenfalls meist nur als Abdrücke oder als Steinkerne, die Pflanzenstämme jedoch bisweilen verkieselt angetroffen. Merkwürdig ist es, dass die eisenschüssigen rothen Sandsteine im Allgemeinen sehr arm an organischen Ueberresten und Formen sind, und dass namentlich Pflanzenreste nur in den nicht roth gefärbten Sandsteinen vorzukommen pflegen.

Uebergänge finden sich aus den Sandsteinen in Quarzite, in Schieferthon, Mergel, Conglomerate sowie in lose Sandmassen.

5) **Quarzgeröll**; ganz lose oder doch nur sehr locker verbundene Gerölle von Quarz, mit einzeln beigemengten Geröllen und Geschieben von anderen Gesteinen und mit mehr oder weniger Sand, als Ausfüllung der Zwischenräume, sind schichtenweise angehäuft; eine in den neueren Formationen, zumal in den tertiären und quaternären Formationen sehr häufig und oft in ausserordentlich grosser Verbreitung vorkommende Bildung*).

6) **Quarzsand**; eckige und abgerundete Körner von Quarz, sehr klein bis zur Grösse einer Erbse, rein, oder mit anderen Mineral- und Gesteinsbrocken, mit Glimmerschuppen und Thon vermengt, bilden ein loses Gestein, welches nur im feuchten Zustande, oder in einzelnen von Eisenoxydhydrat imprägnirten Partieen einen geringen Zusammenhang zeigt. Sehr verbreitet in den neueren und neuesten Formationen, und oft grosse Landstriche erfüllend. Sehr grobe Varietäten von Quarzsand nennt man auch Quarzgrus.

Das Quarzgeröll und der Quarzsand enthalten bisweilen mancherlei accessorische Bestandtheile, welche z. Th. werthvoll sind, daher sie solche Ablagerungen zu dem Gegenstande bergmännischer Bearbeitung machen. Dahin gehören Magneteisenerz, Chromeisenerz, Gold,

*) Forchhammer theilte interessante Beobachtungen mit, aus welchen sich ergiebt, dass manche reine Geröllschichten ursprünglich mit Sand und feinem Grus gemengt waren, welche letztere allmälig durch den Wellenschlag herausgespült worden sind. An den Küsten von Dänemark, zumal in Jütland, findet diese Bildung reiner Geröllschichten durch Ausschlämmung des Sandes in grossem Maassstabe Statt. Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 22 f.

Platin, Zinnerz, Spinell, Granat, Diamant und andere Edelsteine, welche hier und da im Sande der Flüsse, Thäler oder Meeresküsten gefunden werden.

Da der Quarz keiner chemischen Zersetzung, sondern nur einer mechanischen Zerkleinerung fähig ist, und auch diese nur selten bis zur Darstellung eines sehr feinen Staubes gelangt, so hat auch die Ordnung der Kieselgesteine keine pelitischen Bildungen geliefert.

§. 194. *Klastische Gesteine der Kiesel- und Schieferfamilie.*

Sehr viele klastische Gesteine bestehen aus zusammengeschwemmtem gröberen und feineren Schutte verschiedener Gesteine der Quarzit- und Hornsteinfamilie so wie der Familie des Glimmerschiefers. Dahin gehören mancherlei, theils monogene, theils polygene Conglomerate, aber auch verschiedene psammitische und pelitische Gesteine. Einige der wichtigsten sind folgende:

A) Psephitische Gesteine.

1) **Thonschiefer-Conglomerat.** Dasselbe besteht hauptsächlich aus Fragmenten und Geröllen von Thonschiefer, welche vermöge der Spaltbarkeit dieses Gesteins gewöhnlich mehr oder weniger abgeplattet, also scheibenförmig sind, und dann in der Regel mit ihren grössten Durchschnittsflächen einander parallel liegen. Zu den Thonschieferfragmenten gesellen sich auch einzelne Fragmente von Quarzit, Kieselschiefer, Glimmerschiefer und anderen Gesteinen. Das Bindemittel pflegt aus feinerem Thonschieferschutte zu bestehen. Dergleichen Thonschieferconglomerate finden sich unter anderen in Sachsen sehr ausgezeichnet in den tieferen Schichten der Hainichener und Ebersdorfer Steinkohlenformation, so wie nördlich von Obergräfenhain bei Wechselburg.

2) **Glimmerschiefer-Conglomerat.** Es besteht hauptsächlich aus Fragmenten und Geröllen von Glimmerschiefer, mit untermengten Fragmenten anderer Gesteine. Am südöstlichen Rande des Steinkohlenbassins von Rive-de-Gier in Frankreich. Auf ähnliche Weise kommen auch hier und da Talkschieferconglomerate vor.

B) Psammitische Gesteine.

3) **Körnige Grauwacke***). Eckige oder abgerundete Körner von Quarz und kleine Brocken von Kieselschiefer, Thonschiefer und anderen Ge-

*) Der an und für sich verwerfliche Name Grauwacke ist nun einmal aus der Sprache des Harzer Bergmanns in die Wissenschaft übergegangen, und wird zur Bezeichnung dieser eigenthümlichen psammitischen Gesteine der ältesten Sedimentformationen gebraucht, weshalb er denn nicht nur eine petrographische, sondern auch eine bathrologische Bedeutung hat. Bis man sich über eine andere Benennung vereinigt hat, muss er wohl beibehalten werden.

steinen, zu welchen sich bisweilen auch Feldspathkörner gesellen, sind durch ein Bindemittel verkittet, welches wesentlich aus Thon und Kieselerde besteht *). Die Imprägnation des Cämentes mit Kieselerde verleiht dem Gesteine oft eine grosse Festigkeit und bedeutende Härte. Seine Farben sind meist grau, besonders gelblichgrau, grünlichgrau, blaulichgrau und rauchgrau. Gewöhnlich erscheinen die klastischen Elemente sehr vorwaltend und das Bindemittel nur untergeordnet; auch sind nicht selten Glimmerschuppen in der körnigen Gesteinsmasse regellos eingestreut. Von accessorischen Bestandmassen erscheinen besonders häufig Trümer und Adern von Quarz, welche das Gestein nach verschiedenen Richtungen durchsetzen.

Die Structur der Grauwacke ist entschieden körnig, meist durchaus richtungslos und ohne Andeutung von Parallelismus. Eine Schichtung ist bald sehr deutlich, bald so undeutlich oder auch so ausserordentlich mächtig ausgebildet, dass sie in kleineren Felswänden kaum wahrgenommen werden kann. Kuglige Gesteinsformen sind selten; (Ehrenbreitenstein, Allendorf in Hessen); gewöhnlich sieht man nur eine unregelmässige polyëdrische Zerklüftung, auch kommt bisweilen eine transversale, die Schichten durchschneidende plattenförmige Absonderung vor. Die Kluftflächen sind nicht selten mit rothem oder braunem Eisenocker, oder mit weissem Steinmark, oder auch mit einem blaulichschwarzen oft glänzenden Hauche von Manganoxyd überzogen.

Bisweilen wird die Grauwacke conglomeratartig durch Aufnahme grösserer Geschiebe und Gerölle von Thonschiefer, Kieselschiefer, Quarzit und Granit, welcher letztere jedoch zu den seltneren Vorkommnissen gehört; (Altenau am Harze, Oelsnitz in Sachsen).

Die Grauwacke ist oft fossilhaltig, indem sie theils pflanzliche, theils thierische Ueberreste enthält, welche jedoch gewöhnlich nur Abdrücke oder Steinkerne hinterlassen haben.

4) **Schiefrige Grauwacke.** Sie hat eine ähnliche Zusammensetzung, wie die körnige Grauwacke, ist jedoch weit feinkörniger und viel reicher an Glimmerschuppen, welche letztere eine mehr oder weniger deutliche Parallelstructur bedingen, so dass das Gestein dickschiefrig erscheint, und in scheibenförmige Bruchstücke gespalten werden kann. Die schiefrige Grauwacke ist sehr deutlich geschichtet, stimmt aber in ihren übrigen Eigenschaften mehr oder weniger mit der körnigen Grauwacke überein, welche durch sie mit dem Grauwackenschiefer in Verbindung gebracht wird.

5) **Micopsammit** (Glimmersandstein). In manchen Regionen des sogenannten Uebergangsgebirges kommen dickschiefrige sandsteinähnliche Gesteine vor, welche ausserordentlich reich an Glimmerschuppen sind, so dass vielleicht die Hälfte der ganzen Gesteinsmasse aus ihnen besteht, während ausserdem fast nur Quarzsand und ein wenig Eisenoxydhydrat vorhanden sind. Dergleichen Micopsammite kommen theils grobschuppig, theils fein- und sehr feinschuppig vor, und stellen im letzteren Falle licht graue oder gelbliche, sehr compacte, dickschiefrige und ziemlich schwer zersprengbare Gesteine dar. Als solche sind sie z. B. in dem Uebergangsgebirge der Reussischen Fürsten-

*) Nach Walchner sind in dem Cämente auch immer feine Körner von Feldspath nachzuweisen. Lehrb. der Geognosie, 2. Aufl. S. 85.

thümer und des Neustädter Kreises eine ganz gewöhnliche Erscheinung, während sich recht ausgezeichnete grobschuppige Varietäten von brauner Farbe bei Llandeilo in Caermarthenshire vorfinden.

C) Pelitische Gesteine.

6) **Grauwackenschiefer.** Die schiefrige Grauwacke geht durch fortwährende Verfeinerung ihres Korns, und durch Ueberhandnehmen des thonigen Cämentes und der Glimmerschüppchen endlich in ziemlich vollkommen schiefrige Gesteine über, welche, nach Maassgabe des Vorwaltens der thonigen oder der glimmerigen Theile, eine mehr erdige oder mehr schuppige Structur, im Querbruche aber noch ein feinsandiges oder erdiges Ansehen haben, während im Hauptbruche die kleinen Glimmerschuppen sehr deutlich und oft in grosser Anzahl hervortreten. Solche, zwischen schiefriger Grauwacke und Thonschiefer mitten innestehende Gesteine sind es, welche man Grauwackenschiefer genannt hat. Sie sind oft fossilhaltig, ursprünglich immer sehr deutlich geschichtet, aber sehr häufig mit einer transversalen Schieferung versehen, durch welche die wahre Lage der Schichten dermaassen maskirt werden kann, dass sie oft schwer aufzufinden ist.

7) **Thonschiefer** (*Schiste argileux*). Thon, mikroskopische Glimmerschuppen und eben dergleichen Quarzkörnchen sind zu einem sehr homogenen, dem krystallinischen Thonschiefer oft äusserst ähnlichen Gesteine verbunden, welches zum Theil eine so äusserst vollkommene schiefrige Structur besitzt, dass es in dieser Hinsicht mit den krystallinischen Schiefern wetteifert, ja solche bisweilen übertrifft. Obgleich graue und schwarze Farben vorzuwalten pflegen, so kommen doch auch nicht selten rothe, gelbe, grüne und violette Varietäten vor. Von accessorischen Bestandtheilen ist besonders Eisenkies, von accessorischen Bestandmassen aber vor allen Kalkstein zu erwähnen, welcher mitunter flache Nieren, Knauer und Wülste bildet, die lagenweise vertheilt sind, und in dieser Vertheilung genau der Schichtung folgen. Organische Ueberreste kommen stellenweise vor, und sind zuweilen in Eisenkies umgewandelt; oft finden sie sich nur in den Kalkstein-Nieren.

Die Schichtung dieses Thonschiefers ist immer sehr ausgezeichnet, obwohl sie häufig durch transversale Schieferung maskirt wird, welche zu den sehr gewöhnlichen Erscheinungen gehört, und bisweilen eine scheitförmige oder griffelförmige Absonderung bedingt. Auch zeigen die Schichtungsflächen nicht selten Wülste und Wellenfurchen.

Die schwarzen Varietäten sind durch Kohlenstoff gefärbt und liefern, wenn sie sehr feinerdig, weich und mild sind, den nach seinem Gebrauche benannten Zeichnenschiefer. Die meisten Dachschiefer dürften auch mehr zu diesem pelitischen, als zu dem krystallinischen Thonschiefer zu rechnen sein, deren Unterscheidung übrigens so schwierig ist, dass man in vielen Fällen auf sie verzichten muss. Auch werden beide Arten des Thonschiefers durch ganz allmälige Uebergänge in einen so innigen Zusammenhang gebracht, dass man die pelitischen Schiefer nur als Zersetzungsproducte der krystallinischen, oder auch diese als Umwandlungsproducte jener betrachten möchte.

8) **Alaunschiefer** (*Ampelite*). Ein sehr kohliger, daher graulichschwarzer und blaulichschwarzer Schiefer, auf den Spaltungsflächen schimmernd oder glänzend, ja bisweilen starkglänzend durch einen anthracitähn-

lichen Ueberzug. Er umschliesst mitunter kuglige Concretionen von ähnlicher doch nicht schiefriger Masse, ist oft reich an eingesprengtem Eisenkies, und liefert daher bei der Verwitterung Eisenvitriol und Alaun. Unter den accessorischen Bestandmassen sind besonders Knollen von Eisenkies, so wie kleine Lenticularmassen und Nieren von Anthrakonit und Stinkstein zu erwähnen. Der Alaunschiefer ist bisweilen fossilhaltig, und findet sich im Gebiete der älteren Formationen theils in selbständigen Ablagerungen, theils als ein Begleiter der schwarzen Kieselschiefer und der dichten Kalksteine.

9) **Schieferthon** (*Argile schisteuse*, Kohlenschiefer, Kräuterschiefer). Ein aus Thon, mikroskopischen Glimmerschuppen und sehr feinem Quarzsande bestehendes Gestein, von mehr oder weniger ausgezeichneter schiefriger Structur, daher spaltbar in scheibenförmige Bruchstücke. Weich bis sehr weich und mild; gewöhnlich grau, besonders aschgrau bis rauchgrau und schwärzlichgrau, auch blaulichgrau, gelblichgrau, röthlichgrau, graulichweiss; matt oder schimmernd, nur dann auf den Spaltungsflächen glänzend, wenn daselbst grössere Glimmerschuppen angehäuft sind. Eisenkies ist einer der wichtigsten accessorischen Bestandtheile; seltner finden sich Zinkblende, Bleiglanz u. a. Mineralien; bisweilen zeigt sich das Gestein von kohlensaurem Eisenoxydul imprägnirt, was sich durch die Farbe, das höhere specifische Gewicht und die grössere Härte zu erkennen giebt. Von accessorischen Bestandmassen sind besonders Nieren und Lenticularmassen von thonigem Sphärosiderit, Thoneisenstein und mergligem Kalkstein zu erwähnen, von welchen namentlich die ersteren sehr häufig vorkommen und nicht selten als Septarien (S. 454) ausgebildet sind.

Der Schieferthon ist oft sehr reich an Pflanzenresten, welche entweder in Steinkohle umgewandelt, oder nur noch als Abdrücke erhalten sind. Andere Varietäten enthalten thierische Ueberreste, welche bisweilen recht gut erhalten oder auch in Eisenkies umgewandelt sind. Oft sind die Schieferthone sehr bituminos, und gehen dadurch in Brandschiefer über, während sie anderseits durch Aufnahme von vielem Quarzsand in thonigen Sandstein, und durch Aufnahme von Kalk in Mergelschiefer verlaufen.

Die Schichtung ist immer sehr ausgezeichnet, und scheint selten oder niemals mit einer transversalen Schieferung verbunden zu sein. Uebrigens kommen die Schieferthone in vielen sedimentären Formationen, besonders häufig aber in der Steinkohlenformation und Braunkohlenformation vor.

10) **Schieferletten.** So bezeichnen wir mit F. Hoffmann*) diejenigen Schieferthone, welche sich durch rothe oder bunte Farben von dem grauen und weissen Schieferthone unterscheiden. Sie pflegen meist sehr thonig, daher im trocknen Zustande mager und bröcklig, im feuchten Zustande fett und plastisch zu sein, verdanken ihre dunkel braunrothe oder blaurothe Farbe einer Beimengung von Eisenoxyd, sind oft durch kreisrunde, grünlichweisse bis

*) Uebersicht der orographischen und geognostischen Verhältnisse des nordwestlichen Deutschlands, 1830, S. 575. Der Name ist freilich nicht gerade bezeichnend; allein das besondere Vorkommen des Gesteins macht eine besondere Benennung nothwendig. Vielleicht würde sich dazu der von Gümbel gebraucht Ausdruck Röthelschiefer eignen. Neues Jahrb. der Min. 1846, S. 549.

berggrüne Flecke, sowie überhaupt dadurch ausgezeichnet, dass die rothe Farbe häufig in Flecken, Wolken, Streifen und selbst in ganzen Schichten mit hellgrünen, blaulichen oder weissen Farben abwechselt*), und finden sich gewöhnlich in Begleitung rother Sandsteine und rother Conglomerate. Sie gehen einerseits, durch Aufnahme einer grösseren Menge von Sand, in rothen Sandstein, anderseits, durch Zurücktreten des Sandes und durch grössere Festigkeit, in dünnschichtige Felsittuffe oder Thonsteine über. Daher würden sich auch manche Schieferletten recht wohl denen in §. 197 betrachteten Gesteinen anreihen lassen.

11) **Brandschiefer.** Dieses Gestein, welches vielleicht zweckmässiger unter die kohligen Gesteine zu verweisen wäre, ist schwärzlichbraun bis pechschwarz, dünn- und geradschiefrig, daher oft in sehr dünne Platten und Tafeln spaltbar, auf den Spaltungsflächen schimmernd, im Striche fettglänzend, leicht zersprengbar, etwas mild, und so reichlich mit Bitumen imprägnirt, dass es im Feuer mit einer mehr oder weniger lebhaften aber stark rusenden Flamme brennt, ohne jedoch in Asche zu zerfallen**). Der Brandschiefer hält bisweilen organische Ueberreste, namentlich von Fischen und Pflanzen, und bildet einzelne Schichten und Schichtensysteme in der Steinkohlenformation, in der Permischen Formation und in anderen sedimentären Formationen; (Oschatz in Sachsen, Seefeld in Tyrol, Autun in Frankreich, Bourdiehouse bei Edinburg).

§. 195. *Klastische Gesteine der Granitfamilie.*

Auch die Gesteine der Granitfamilie haben zuweilen das vorwaltende Material zur Bildung gewisser klastischer Gesteine geliefert, indem entweder gröberer oder feinerer Schutt derselben durch das Wasser zusammengeschwemmt wurde, oder indem sich durch andere Ursachen mehr oder weniger zerkleinte Fragmente derselben bildeten und anhäuften. Hierher gehören z. B. folgende Gesteine:

1) **Granitconglomerat.** Blöcke und Bruchstücke, Geschiebe und Gerölle von Granit sind theils durch feineren Granitschutt, theils durch anderes Material zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Glösa, Frankenberg und Ortelsdorf unweit Chemnitz in Sachsen; Aubin und Rive-de-Gier in Frankreich.

2) **Syenitconglomerat.** Dasselbe besteht auf ähnliche Weise vorwaltend aus gröberem Syenitschutt, welchem wohl auch die Bruchstücke anderer

*) Capitain James hat es wahrscheinlich gemacht, dass diese grüne Farbe im Laufe der Zeiten durch die, das Gestein imprägnirenden Wasser entstand, welche vegetabilische Stoffe aufgelöst hielten, und das Eisenoxyd stellenweise in Eisenoxydul verwandelten.

**) Der Bitumengehalt des Brandschiefers scheint weit mehr von animalischen, als von vegitabilischen Körpern abzustammen.

Gesteine in grösserer oder geringerer Anzahl beigemengt sind. Zschoner Grund bei Dresden; tiefste Schichten des Quadersandsteins bei Coschütz.

3) **Gneissbreccie** und **Gneissconglomerat.** Scharfkantige Fragmente oder auch Geschiebe und Gerölle von Gneiss sind zu einem lockeren oder festen Gesteine verbunden, dessen Cäment theils feinerer Gneissschutt, theils Sandstein oder Schieferthon ist. Flöha bei Chemnitz, Südrand des Tharander Waldes, obere Etage des Rothliegenden unweit Dresden von Neudöhlen bis Possendorf; Conglomerat von Fürstenstein im Landshuter Uebergangsgebirge.

4) **Arkos** (Feldspathpsammit). Mit dem Namen *Arkose* bezeichnete Alexander Brongniart solche Sandsteine, welche neben den Quarzkörnern auch eine grössere Menge von Feldspathkörnern, und zwar gewöhnlich von Orthoklas umschliessen. Dergleichen Sandsteine kommen in sehr verschiedenen Formationen vor, obgleich sie zuerst in der Bourgogne als Glieder der Liasformation entdeckt worden sind*). Da sie jedenfalls aus der Zerstörung oder auch aus der an Ort und Stelle bewirkten Zersetzung von Graniten und ähnlichen Gesteinen hervorgegangen sind, so lassen sie sich wohl füglich als klastische Gesteine der Granitfamilie betrachten**).

Sie sind meist hellfarbig, da sie wesentlich aus grauem oder weissem Quarz und aus röthlichweissem bis fleischrothem Feldspath nebst etwas Glimmer bestehen, und gehen einerseits in Quarzpsammit, anderseits in förmlichen Granitgrus über, wie er sich noch gegenwärtig auf der Oberfläche der Granit-Ablagerungen durch die Zersetzung derselben bildet. Das Cäment dieser Arkose ist oft sehr kieselig, auch kommen in gewissen Gegenden Quarz, Chalcedon, Baryt, Flussspath, Bleiglanz und Eisenkies theils eingesprengt, theils in der Form von Trümern und Nestern vor.

Man kennt übrigens dergleichen Feldspathpsammite in Formationen sehr verschiedenen Alters, von der Steinkohlenformation bis in die Tertiärformationen der Auvergne, wo theils Granit, theils Gneiss die Elemente zu ihrer Bildung geliefert hat***).

*) Auch wurde von Bonnard das Wort Arkos in bathrologischer Bedeutung, zur Bezeichnung eines bestimmten Gliedes der Liasformation gebraucht. Wir nehmen das Wort nur im petrographischen Sinne, wie Brongniart es ursprünglich that, dem sich auch Dufrénoy anschliesst, indem er sagt: *l'arkose n'est pas une formation particulière, mais simplement une variété de grès, dont le caractère essentiel est de se trouver à la separation des terrains granitiques et des terrains secondaires, et non à une hauteur géologique determinée. Mém. pour servir à une description géol. de la France, t. II,* 1834, *p.* 218.

**) Es hat jedoch neuerdings Delesse in einer sehr interessanten Abhandlung über den Arkos der Vogesen von la Poirie zu beweisen gesucht, dass dieses Gestein, in welchem oft vollständige, ganz frische und unversehrte Zwillingskrystalle von Orthoklas vorkommen, ein metamorphisches Gestein sei, in welchem der Feldspath an Ort und Stelle gebildet wurde. *Notice sur les caractères de l'Arkose dans les Vosges*, in *Bibl. univ. de Genève*, 1848.

***) *Rozet*, in den *Mém. de la soc. géol.* 2. *série, I, p.* 57 etc.

§. 196. *Klastische Gesteine der Diabasfamilie.*

Während die Familien des Diorites, des Serpentins und des Gabbro, bei der gewöhnlich nicht sehr bedeutenden Ausdehnung ihrer Ablagerungen nur in seltenen Fällen das vorwaltende Material zu klastischen Gesteinen geliefert haben*), so ist dagegen die Familie des Diabases sehr häufig mit klastischen Bildungen verbunden, deren Material von Diabas, Diabasporphyr, Aphanit und ähnlichen Gesteinen abstammt. Wie man nun diese Gesteine selbst gewöhnlich unter dem Namen Grünstein zusammenfasst, so pflegt man auch die aus ihrem Schutte gebildeten klastischen Gesteine unter dem Namen der Grünsteinconglomerate und Grünsteintuffe aufzuführen. Auch glauben wir diese Namen einstweilen um so mehr beibehalten zu müssen, weil die mineralische Zusammensetzung der betreffenden Gesteinsbruchstücke bis jetzt nur selten genau erforscht worden ist, und weil sehr häufig die Fragmente verschiedener Gesteine zugleich vorkommen.

Viele klastische Gesteine der Diabasfamilie können, zufolge ihrer Entstehungsweise, organische Ueberreste enthalten; und so giebt es denn auch namentlich gewisse Grünsteintuffe, welche sehr reich daran sind. Da dergleichen Tuffe, vermöge ihrer homogenen Beschaffenheit, bisweilen eine grosse Aehnlichkeit mit Aphaniten oder mit feinkörnigen zersetzten Diabasen zeigen, so sind sie in früherer Zeit irrigerweise als Beispiele von fossilhaltigen Grünsteinen aufgeführt worden.

Einige der wichtigsten klastischen Gesteine aus der Diabasfamilie dürften etwa folgende sein.

1) **Grünsteinconglomerat** und **Grünsteinbreccie.** Diese Gesteine tragen wohl grösstentheils mehr den Charakter von eruptiven Frictionsgebilden als von Alluvionsgebilden an sich, indem sie gewöhnlich ein vorwaltendes grünsteinartiges Cäment zeigen, in welchem theils scharfkantige Bruchstücke, theils Gerölle einer anderen, oder auch derselben Grünstein-Varietät, z. Th. auch Fragmente und Geschiebe ganz fremdartiger Gesteine eingeschlossen sind.

Diese Grünsteinconglomerate kommen häufig in solchen Gegenden vor, wo die Diabasbildungen überhaupt zu einer bedeutenden Entwickelung gelangt

*) Mohs beschrieb z. B. von der Villacher Alpe eine merkwürdige Breccie, welche aus scharfkantigen Bruchstücken von Dioritschiefer besteht, die durch Hornblendmasse verbunden sind. Ephemeriden der Berg- und Hüttenkunde, Bd. III, 1807, S. 173 f. In den unteren Schichten des Macigno Toskana's kommen nach Coquand und Pilla, so wie in den unteren Schichten der Tertiärformation des Golfs von Saint-Florent nach Reynau Serpentinconglomerate, und in der Tertiärformation von Monte-Massi und Monte-Bamboli Gabbroconglomerate vor.

sind; wie z. B. im Sächsischen und Reussischen Voigtlande, in Oberfranken und in einigen Gegenden Englands. Sie haben meist düstere, dunkelgrüne Farben, lassen bald die Fragmente, bald das Cäment vorwaltend hervortreten, erscheinen theils als sehr grossstückige Breccien, indem die Fragmente bisweilen meter- und lachtergross sind, und pflegen gar nicht, oder doch nur sehr undeutlich geschichtet zu sein. Doch kommen im Voigtlande und in Oberfranken dergleichen Breccien vor, deren Cäment ein feinkörniger grobschiefriger Diabas (oder Diabastuff?) ist, welcher eine zuweilen recht deutliche Schichtung vermittelt.

Ausser diesen eruptiven Reibungsbreccien und Reibungsconglomeraten kommen aber auch theils contusive Breccien, theils Alluvions-Conglomerate von Grünstein vor, welche sich besonders dadurch von den ähnlichen eruptiven Gebilden unterscheiden, dass ihr Cäment nicht krystallinischer Grünstein, sondern theils Grünsteintuff, theils anderes klastisches Material ist.

2) **Grünsteinpsammit.** So lassen sich diejenigen klastischen Grünsteinbildungen nennen, in welchen die Fragmente klein, also etwa nur 1 Linie bis $^1/_4$ Zoll gross sind. Sie entwickeln sich allmälig aus den Breccien und Conglomeraten durch Verfeinerung des Korns, und kommen gewöhnlich in Begleitung derselben, jedoch nicht so gar häufig vor.

3) **Grünsteintuff.** Dieser besteht aus noch feinerem, sand- und staubförmigem Grünsteinschutt, welcher wohl auch mehr oder weniger mit dem Detritus anderer Gesteine vermengt ist. Er erscheint oft als ein scheinbar einfaches Gestein von feinkörnigem, erdigem bis dichtem Bruche, von grünlichgrauer, schmutzig grüner bis leberbrauner Farbe, ist matt und weich, oft schiefrig, gewöhnlich deutlich geschichtet, nicht selten mit Kalk imprägnirt, und enthält zuweilen organische Ueberreste, oder doch wenigstens Abdrücke und Steinkerne derselben *).

Diese Grünsteintuffe spielen in den ältesten Sedimentformationen mancher Gegenden, z. B. des Voigtlandes (Plauen, Planzschwitz), Böhmens, Oberfrankens, Devonshire's, Nordamerikas eine sehr wichtige Rolle, und werden von Macculloch, De-la-Beche, Murchison, Hitchcock u. A. für Bildungen gehalten, welche den neueren vulcanischen Tuffen analog sind, indem sie annehmen, dass vor und während der Grünstein-Eruptionen Sand- und Aschenregen Statt gefunden haben, deren Material auf dem Meeresgrunde zu Boden sank, und dort vom Wasser bearbeitet und in Schichten ausgebreitet wurde **).

*) Der Grünsteintuff von Planzschwitz in Sachsen ist ganz erfüllt mit devonischen Petrefacten, während ein solches Tufflager bei Plauen eine Menge Astraeen enthält.

**) De-la-Beche nannte daher diese Gesteine geradezu Grünsteinasche (*trappean ash*) und betrachtete auch manche Grünsteinconglomerate als Haufwerke von Grünstein-Lapilli. *Researches in Theoretical Geology*, 1834, *p.* 385 und *Report on the Geology of Cornwall etc.*, 1839, *p.* 57 und *p.* 119. Man vergleiche auch *Murchison*, *The Silurian System*, *p.* 68 f. und *Hitchcock* in *The American Journal of sc.*, 2. *ser. IV*, 1847, *p.* 199 ff.

Die Grünsteintuffe gehen nicht selten in Grauwackenschiefer über; werden aber in anderen Fällen den aphanitischen Grünsteinschiefern so ähnlich, dass gewiss viele unter diesem Namen aufgeführte Gesteine für gar nichts anderes, als für sehr reine und homogene schiefrige Grünsteintuffe zu erklären sind.

4) **Schalstein** (Blattersteinschiefer). Dieses im Herzogthume Nassau unter dem Namen Schalstein bekannte, aber auch in vielen anderen Gegenden nachgewiesene Gestein dürfte wohl seiner Natur nach als eine dem Grünsteintuffe sehr nahe verwandte Bildung zu betrachten sein. Wenigstens erscheint diese Ansicht etwas einfacher und natürlicher, als jene, welche dasselbe für metamorphischen Thonschiefer und Grauwackenschiefer erklärt. Stifft hat schon im Jahre 1825 gezeigt, dass sein Dasein jedenfalls von der Existenz des Diabases abhängig ist, und es scheint, dass es wesentlich theils Grünsteinschlamm, theils Thonschieferschlamm war, welcher zugleich mit kohlensaurem Kalk und etwas Chlorit als das Substrat der Schalsteine zu betrachten ist. Daher sind denn auch zuweilen organische Ueberreste im Schalstein gefunden worden, gerade so wie in den Sächsischen und Fränkischen Grünsteintuffen*).

Das Gestein hat einen ausserordentlich schwankenden Habitus, und ist daher schwer zu beschreiben. Es zeigt eine bald grüne oder graue, bald gelbe bis braunrothe, selten einfarbige, meist bunt gefleckte, bisweilen breccienähnliche, feinerdige, schiefrige oder flasrige Grundmasse, welche häufig parallele Flasern oder Lamellen (z. Th. auch wirkliche Bruchstücke) von schwarzem oder grünem Thonschiefer auch wohl von Chloritschiefer umschliesst, besonders aber durch ihren Gehalt an kohlensaurem Kalk ausgezeichnet ist, welcher nicht nur die ganze Masse imprägnirt, sondern auch als weisser, grauer oder rother Kalkspath, theils in kleinen und sehr kleinen runden und abgeplatteten Körnern, theils in Lagen, Nestern, Trümern und Adern so häufig auftritt, dass das Gestein nicht selten ein körperliches Netz von feinen Kalkspathadern darstellt, dessen Maschen mit der Grundmasse erfüllt sind. Stifft unterscheidet hiernach normalen, mandelsteinartigen und breccienartigen Schalstein.

Als accessorische Bestandtheile werden besonders Anthracit, Eisenkies, Chloritkörner, Rotheisenerz und zuweilen Feldspathkörner erwähnt. Gewisse, in der Gegend von Brilon vorkommende, durch viele rothe oder weisse Feldspathkörner ausgezeichnete Varietäten sind es, welche v. Dechen Schalsteinporphyr nennt.

Der Schalstein ist immer mehr oder weniger deutlich geschichtet, lässt sich meist in Platten (oder Schalen) spalten, und zeigt Uebergänge in Thonschiefer, Kalkdiabas und in Kalkstein. Er enthält zuweilen Versteinerungen, und erscheint oft an der Oberfläche, in Folge der Auswitterung des Kalkspathes, poros und blasig.

Aus dieser Beschreibung ergiebt sich, dass der Schalstein ein zwischen kalkreichem Grünsteintuff, kalkreichem Thonschiefer und Kalkdiabas oscillirendes Gestein ist, welches mit dem Diabase selbst in einem

*) Murchison und Sandberger erkennen auch die Analogie zwischen dem Schalsteine und dem Grünsteintuffe an. *Trans. of the geol. soc. 2 ser. VI*, 249.

sehr nahen Causalzusammenhange stehen dürfte. Man kennt ihn besonders im Herzogthume Nassau, am Harze, in den Ruhrgegenden und in Devonshire*).

§. 197. *Klastische Gesteine der Porphyrfamilie.*

Der Melaphyr hat wohl auch bisweilen Conglomerate und Tuffe geliefert, welche gewöhnlich mit seinen eigenen Ablagerungen vergesellschaftet und theils als eruptive Reibungsconglomerate, theils als Alluvionsgebilde zu betrachten sind. Weit häufiger finden sich jedoch dergleichen Bildungen aus der Familie des Felsitporphyrs, dessen auf verschiedene Weise gebildeter und angehäufter Detritus zu Gesteinen verbunden wurde, welche bald als Psephite, bald als Psammite, bald als Pelite erscheinen, und, nach Maassgabe ihres verschiedenen Habitus, als Porphyrbreccien, Porphyrconglomerate und Porphyrtuffe oder Thonsteine aufgeführt worden sind. Uebrigens versteht es sich von selbst, dass auch andere Gesteinsfragmente zwischen den Porphyrfragmenten vorkommen können, und dass nur das Vorwalten der letzteren den Namen bestimmt. Eben so folgt es aus der ganzen Bildungsweise gewisser hierher gehörigen Gesteine, dass sie zuweilen organische Ueberreste umschliessen können; weshalb denn auch besonders Pflanzenreste, theils als Abdrücke, theils als verkieselte oder in Thonstein verwandelte Stämme, in den Psammiten und Peliten der Porphyrfamilie nicht so gar selten vorkommen. Wir glauben besonders folgende Gesteine hervorheben zu müssen.

1) **Porphyrbreccie.** Scharfkantige Bruchstücke von Porphyr sind entweder durch feineren Porphyrschutt, oder auch durch krystallinische Porphyrmasse zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Die Fragmente stammen entweder von einer und derselben Porphyrvarietät, oder sie gehören verschiedenen porphyrischen Gesteinen an, wonach diese Breccien selbst als monogene und polygene unterschieden werden können, welche letztere zuweilen ein sehr buntscheckiges Ansehen haben. Wenn das Cäment als krystallinischer Porphyrtaig erscheint, so ist wohl der eruptive

*) Die wichtigsten Nachweisungen über dieses Gestein gaben: Stifft, in v. Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie, 1825, Bd I, S. 147 und 236, und in seiner Geogn. Beschr. des Herz. Nassau, 1831, S. 468 ff.; Oppermann, in seiner Dissertation über Schalstein und Kalktrapp, 1836; v. Dechen, in Nöggerath's Rheinland-Westphalen, Bd. II, 1822, S. 71 und im Archiv für Min. Geogn. u. s. w. Bd. 19, S. 516 ff.; Hausmann, in seinem Werke über die Bildung des Harzgebirges, 1842, S. 23 f. und Sandberger, in der Uebersicht der geol. Verhältnisse des Herz. Nassau, 1847, S. 33 f.

Charakter des Gesteins gar nicht zu bezweifeln; auch kommt es dann oft vor, dass das Cäment mit den Fragmenten von ganz gleichartiger Natur ist. Diese Breccien sind gewöhnlich ungeschichtet.

2) **Porphyrconglomerat.** Abgerundete Fragmente und förmliche Gerölle von Porphyr sind durch feineren Gesteinsschutt, bisweilen auch durch porphyrische Grundmasse, zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Diese Conglomerate entwickeln sich häufig aus den Porphyrbreccien, indem sich die Fragmente dieser letzteren immer mehr abrunden, womit auch gewöhnlich eine Verkleinerung ihrer Dimensionen verbunden zu sein pflegt. Die Porphyrconglomerate sind zuweilen sehr deutlich geschichtet.

3) **Porphyrpsammit.** Diese Gesteine sind eigentlich nur feinere Abstufungen der Porphyrbreccien und Conglomerate, in welchen die einzelnen Fragmente etwa bis zur Grösse einer Erbse oder eines Hirsekorns herabgesunken sind; daher kommen sie auch gewöhnlich in Begleitung der genannten Gesteine vor, und gehen ganz allmälig in dieselben über. Sie erscheinen als sandsteinähnliche Gesteine von rother, violetter, blaulicher, berggrüner, gelber und weisser Farbe, sind oft buntfarbig gestreift oder gefleckt, und dadurch, so wie durch die lagenweise wechselnde Grösse des Korns mit Parallelstructur versehen, auch gewöhnlich sehr deutlich geschichtet. Durch Aufnahme von Quarzsand gehen sie bisweilen in gewöhnliche Quarzsandsteine, durch Verfeinerung ihres Kornes in Porphyrtuffe oder Thonsteine über*). Sie sind zuweilen fossilhaltig, indem namentlich Pflanzenabdrücke hier und da vorkommen.

4) **Porphyrtuff** oder **Felsittuff** (Thonstein). Mit dem unpassenden Namen Thonstein sind früher die feinen, pelitartigen Varietäten der klastischen Gesteine der Porphyrfamilie bezeichnet worden, welche wohl richtiger als Porphyrtuffe, oder, weil sie meist nur aus dem Detritus der felsitischen Grundmasse der Porphyre bestehen, als Felsittuffe aufzuführen sein dürften**).

*) In dem devonischen (?) Steinkohlengebirge des Dep. der Loire kommt nach Grüner ein grauer, grüner und rother porphyrähnlicher Sandstein vor, welcher häufig ganz unversehrte hexagonale Glimmerkrystalle enthält, weshalb ihn Grüner für einen *grès, sinon refondu, au moins fortement chauffé* erklärt. *Ann. des Mines*, 3. *série, t.* 19, 1841, *p.* 98 und 122.

**) Obgleich Gerhard schon im Jahre 1815 den wahren Begriff des Thonsteins festgestellt hatte, so muthete Schafhäutl dennoch den Geologen überhaupt noch im Jahre 1844 den Irrthum zu, dass sie den Thonstein für nichts Anderes, als für verhärteten Thon halten, und gab ihnen auf den Grund dieser Insinuation eine derbe Lection. (Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 51, S. 256.) Da Herr Schafhäutl den Thonstein von Chemnitz erwähnt, und einen Thonstein von Meissen analysirt hat, so hätte er sich aus der Geognostischen Beschreibung des Königreiches Sachsen, Heft II, 1838, S. 425 und 434 darüber belehren können, was die Geologen unter diesen Thonsteinen verstehen und schon lange verstanden. Er würde dann gern auf den Triumph verzichtet haben, ihnen von seinem chemischen Richterstuhle aus wegen eines längst vergessenen Irrthums noch nachträglich eine so strenge Rüge zu dictiren.

Diese Felsittuffe kommen von sehr verschiedenen Farben vor; röthlichweiss und röthlichgrau bis fleischroth, blutroth und bräunlichroth; blaulichweiss, perlgrau und blaulichgrau bis lavendelblau und violblau; gelblichweiss, gelblichgrau, bis strohgelb und isabellgelb; grünlichweiss und grünlichgrau bis berggrün und seladongrün. Sie sind theils einfarbig, theils buntfarbig, mit gefleckter, geaderter und gestreifter Farbenzeichnung. Besonders häufig sieht man in den rothen oder blauen Varietäten scharf abgegränzte, grünlichweisse oder berggrüne Flecke, welche im Querbruche kreisförmig erscheinen; auch sind dergleichen Varietäten oft an allen Klüften mit einem weissen oder hellgrünem Saume versehen, welcher ebenfalls scharf gegen die übrige Masse absticht.

Im Bruche sind sie matt, bisweilen schimmernd; übrigens ist ihr Bruch uneben bis eben oder flachmuschlig im Grossen, groberdig und rauh, oder feinerdig und fast dicht im Kleinen*). Ihre Härte ist gewöhnlich gering; doch kommen auch mitunter recht harte Varietäten vor.

Die Felsittuffe sind theils ungeschichtet, theils sehr deutlich geschichtet; ja zuweilen erscheinen sie so dünnschichtig, dass sie in Platten gebrochen werden können, oder auch bei der Verwitterung in einen lockeren Schiefer zerfallen. Manche feinere Varietäten umschliessen kleine, erbsen- bis haselnussgrosse kuglige Concretionen derselben Gesteinsmasse; andere gröbere Varietäten erhalten durch grössere Fragmente von Felsit, Porphyr und anderen Gesteinen eine breccienartige Beschaffenheit. Quarzkörner, Glimmerschuppen oder Feldspathkörner sind nicht selten vorhanden, und ertheilen ihnen ein porphyrähnliches Ansehen. Durch reichlichere Beimengung von Thon, feinem Quarzsand und Glimmerschuppen gehen die geschichteten Felsittuffe in rothen oder bunten Schieferletten, in Sandstein oder in Schieferthon über.

Die Felsittuffe erweisen sich nicht selten fossilhaltig; besonders Pflanzenreste kommen ziemlich häufig vor: Abdrücke von Blättern, Farnkräutern und Pflanzenstängeln, welche zuweilen von einem grünen pinguitähnlichen Minerale überzogen sind; auch Stammtheile und Wurzelstöcke verschiedener Pflanzen, welche entweder durch grauen, braunen und schwarzen Hornstein petrificirt, oder als Steinkerne von Thonstein ausgebildet sind.

Anmerkung. Zu den Felsittuffen oder Thonsteinen gehören auch die meisten sogenannten Bandjaspise, und namentlich die bekannten Varietäten von Wolftitz bei Frohburg in Sachsen. Sie sind nur bunt gestreifte, z. Th. sehr harte und dichte Felsittuffe, und schmelzen vor dem Löthrohre wie jeder Felsit oder dichte Feldspath.

*) Viele Thonsteine erscheinen unter dem Mikroskope fast wie krystallinische Gesteine; es ist diess wichtig, wenn man erwägt, dass auf manchen Erzgängen, welche doch nur als Mineralquellenbildungen betrachtet werden können, krystallisirter Feldspath vorkommt.

§. 198. *Klastische Gesteine der Trachytfamilie.*

Auch die Gesteine der Trachytfamilie haben eine Menge von klastischen Bildungen geliefert, welche, nach der verschiedenen Art und Grösse des zusammengeführten Schuttes, als Trachyt-Breccien oder Conglomerate, als Trachyttuffe, als Bimsstein-Conglomerate und Tuffe aufgeführt werden. Da nun die Bestandtheile vieler trachytischen Gesteine im Laufe der Zeiten eine mehr oder weniger weit fortgeschrittene Zersetzung erlitten haben, so erscheinen die aus dem Schutte derselben bestehenden Gesteine gleichfalls häufig sehr zersetzt; was namentlich für die feineren Tuffe bisweilen ein so homogenes Ansehen zur Folge hat, dass man sie kaum noch als klastische Bildungen anerkennen möchte.

Uebrigens sind die meisten klastischen Gesteine der Trachytfamilie theils als eruptive Alluvionsgebilde, theils als dergleichen Frictionsgebilde, theils auch als blose vulcanische Dejectionsgebilde zu betrachten. Manche der gröberen Breccien und Conglomerate bestehen aus Trachytfragmenten, welche von krystallinischer Trachytmasse umschlossen werden, während einige pelitische Gesteine den Charakter von schlammartigen Eruptionsgebilden an sich zu tragen scheinen.

Wir heben folgende Gesteine als die wichtigsten hervor.

1) **Trachytbreccie** und **Trachytconglomerat.** Trachytfragmente oder Trachytgerölle von allen möglichen (bisweilen von wahrhaft colossalen) Dimensionen sind regellos über einander gestürzt, und werden theils von feinerem Trachytschutt, theils von krystallinischem oder schlackigem Trachyt umschlossen, welcher letztere dann nicht selten genau dieselbe Beschaffenheit hat, wie die Fragmente. Der Cantal in Frankreich und die Gegend von Vissegrad in Ungarn*) liefern ausgezeichnete Beispiele dieser letzteren Ausbildungsform, während die übrigen Varietäten in den meisten trachytischen Regionen eine sehr gewöhnliche Erscheinung bilden.

2) **Trachyttuff.** So nennt man die aus feinerem Trachyt- und Bimssteinschutt bestehenden klastischen Gesteine, welche, nach Maassgabe der Grösse ihrer fragmentaren Elemente, bald einen fein breccienartigen, bald einen sandsteinartigen, bald einen erdigen oder kreideähnlichen Habitus besitzen, gewöhnlich aber ihre Fragmente in einem so aufgelösten Zustande erscheinen lassen, dass solche oft nur wie mehr oder weniger scharf contourirte Flecke auf den Bruchflächen des Gesteins hervortreten. Die Krystalle und Krystallbruchstücke von Sanidin, Hornblende und Magneteisenerz pflegen besser erhalten zu sein, und lassen sich aus der weichen Gesteinsmasse leicht herausarbeiten.

*) Beudant, *Voyage min. et géol. en Hongrie, III, p.* 416.

Die Trachyttuffe haben meist weisse oder licht graue, gelbe, rothe und grünliche Farben, sind deutlich geschichtet, halten zuweilen organische Ueberreste, zumal von Pflanzen, und führen nicht selten Nester und Trümer von Opal. Die berühmten Ungarischen Opale von Czerweniza bei Kaschau finden sich nach Beudant in den dasigen Trachytconglomeraten und Tuffen, und eben so ist das Vorkommen derselben am Cantal und Montdor, in den Euganeen und in anderen Trachytregionen vorzüglich auf diese Gesteine beschränkt.

3) **Phonolithconglomerat.** Fragmente und Gerölle von Phonolith, zum Theil auch von anderen Gesteinen, dazu Krystalle und Krystallbruchstücke von Sanidin, Hornblende, Augit und Glimmer sind durch ein pelitisches, graues, gelbliches oder röthliches, oft mit kohlensaurem Kalke imprägnirtes Cäment verbunden, weshalb das Gestein nicht selten mit Säuren aufbraust. Werden die Fragmente feiner, so geht das Conglomerat in Tuff über. Diese Gesteine finden sich im Högau*) und wie es scheint auch am südlichen Fusse des Erzgebirges.

4) **Bimssteinconglomerat.** Dasselbe besteht vorwaltend aus Stücken und Geröllen von Bimsstein, welche entweder unmittelbar mit einander verkittet, oder durch feineren Bimssteinschutt verbunden sind. Zu den Bimssteinstücken gesellen sich oft noch Fragmente von Obsidian, Perlit, Trachyt und Trachytporphyr. Einige Bimssteinconglomerate besitzen ein obsidianähnliches Cäment, andere bestehen aus lauter ganz dicht in einander gefügten und verflössten Bimssteinfragmenten, und lassen ihre conglomeratartige Natur nur noch in der verschiedenen Richtung der Fasern erkennen.

5) **Bimssteintuff.** Werden die Bimssteinstücke feiner, so entwickeln sich aus den Bimssteinconglomeraten die Bimssteintuffe, welche hauptsächlich aus sand- und staubartigen Theilen bestehen, zwischen denen jedoch hier und da noch deutlich erkennbare Brocken von Bimsstein, Trachyt u. a. Gesteinen enthalten sind.

Die Bimssteintuffe sind weisse, gelbe und lichtgraue, erdige bis dichte, weiche oder fast zerreibliche Gesteine, welche in ihren feinsten Varietäten ein thoniges, mergelartiges oder kreideähnliches Ansehen besitzen, und in einigen Gegenden Ueberreste von marinen Conchylien, in anderen Gegenden Nieren von Jaspopal oder Stücke von Holzopal (also verkieselte Stammtheile) umschliessen, wie denn z. B. die bekannten Holzopale Ungarns grösstentheils in Bimssteintuffen vorkommen. Auch hat Ehrenberg gezeigt, dass viele Bimssteintuffe reich an Kieselpanzern von Infusorien sind. — Von accessorischen Bestandtheilen sind Glimmerschuppen, Feldspathkörner und kleine Magneteisenerzkrystalle oft erkennbar; selten sind Quarzkrystalle, und rothe oder braune Granatkrystalle, dergleichen Zipser und Beudant in den Ungarischen Tuffen beobachteten**). Noch ist zu erwähnen, dass in manchen Bimssteintuffen sogenannte Pisolithen, d. h. kleine concentrisch-schalige Kugeln vorkommen, wie sich dergleichen noch jetzt bei vulcanischen Aschenfällen bilden, wenn es zugleich regnet.

*) Walchner, Handbuch der Geognosie, 2. Aufl., S. 81.

**) *Beudant, Voyage min. et géol. en Hongrie, III, p.* 438; die Granatkrystalle haben die Form des Ikositetraëders, und können wohl nur als eingeschwemmt gelten.

Zu diesen Gesteinen gehören auch die bekannten Tuffe der Umgegend von Neapel (der Pausilipptuff), die sogenannte Tosca auf der Insel Teneriffa und viele andere Bildungen ähnlicher Art.

6) **Trass** (Duckstein). So nennt man ein dem Bimssteintuffe sehr nahe verwandtes Gestein, welches jedoch, nach den neueren Untersuchungen v. Oeynhausens, wahrscheinlich in schlammartigem Zustande aus Spalten zur Eruption gelangte, weshalb er es als eine Schlammlava betrachtet*).

Der Trass erscheint als eine weiche, schmutzig gelbe bis gelblichgraue und licht braune, matte, erdige, dichte oder porose Masse, in welcher oft Bimssteinfragmente, bisweilen auch einzelne Bruchstücke von anderen Gesteinen, so wie ganz oder halb verkohlte Stämme, Zweige und Blätter von dikotyledonen Bäumen vorkommen. Er findet sich bei Andernach, in mehren Nebenthälern des linken Rheinufers, welche er, wie z. B. das Brohlthal und das Nettethal, in förmlichen Strömen erfüllt. Aehnliche Schlammlaven scheinen nach Hardie auf der Insel Java ziemlich häufig vorzukommen.

7) **Bimssteingeröll** und **Bimssteinsand.** Vulcanische Dejectionsgebilde, also Anhäufungen von losen Bimsstein-Auswürflingen, welche in der Umgebung mancher Vulcane sehr verbreitet sind, und unter anderen auch in den Rheingegenden vorkommen, wo sie sich von dem auf dem linken Rheinufer gelegenen Krater des Krufter Ofen (am Laacher See) über das Rheinthal weg bis nach Dierdorf, Boppard, Lahnstein, Ems und weiter hinein in das Herzogthum Nassau verbreiten, und stellenweise eine solche Mächtigkeit erlangen, dass sie die Oberflächenform des Landes bestimmen, und alle Vertiefungen ausfüllen.

8) **Alaunstein** (Alaunfels). Der sogenannte Alaunstein, welcher bei la Tolfa im Kirchenstaate, bei Bereghsacz und Musaj in Ungarn, auf der Insel Milo, am Montdor und in anderen trachytischen Regionen vorkommt, ist nach Beudant nur als eine sehr feine, dichte bis erdige (thonsteinähnliche) Varietät von Trachyttuff oder Bimssteintuff zu betrachten, welche mit Alunit gemengt ist.

Er erscheint weiss, auch gelblich, röthlich oder grau, feinkörnig bis dicht und hart, oder erdig und weich, oft poros, zellig, cavernos oder vielfach zerklüftet, und hält den Alunit entweder innig beigemengt, oder eingesprengt, oder auf Klüften und Cavitäten krystallinisch ausgeschieden. Bisweilen ist er reich an kleinen Quarzkrystallen, und stellenweise umschliesst er Nester und Adern einer weissen steinmarkähnlichen Substanz, oder einer röthlichgrauen bis fast violetten sehr schwer schmelzbaren felsitähnlichen Masse, so wie Trümer von Rotheisenerz; häufig ist er stark mit Kieselerde imprägnirt, welche auch bisweilen in Hornstein- und Chalcedonadern sichtbar hervortritt. Derscenye entdeckte die wichtige Thatsache, dass der Ungarische Alaunstein mitunter verkieselte Dendrolithen enthält**).

Anmerkung. Andere sogenannte Alaunsteine dürften nur Trachyte oder Trachytporphyre sein, welche an Ort und Stelle durch vulcanische Dämpfe

*) Erläuterungen zu der geognostisch-orographischen Charte der Umgegend des Laacher Sees, 1847.

**) *Beudant*, a. a. O. *p.* 462.

zersetzt und mit Schwefelsäure imprägnirt wurden, wodurch sie einen Gehalt von schwefelsaurer Thonerde erhielten. So z. B. der Alaunstein von Aegina.

§. 199. *Klastische Gesteine der Basaltfamilie.*

Die Basaltformation pflegt gleichfalls in denjenigen Gegenden, wo sie zu einer bedeutenderen Entwickelung gelangt ist, von mancherlei klastischen Gesteinen begleitet zu werden, welche aus gröberem oder feinerem Schutte von Dolerit, Anamesit, Basalt u. s. w. bestehen. Man hat solche allgemein Trappbreccien und Trapptuffe, oder auch da, wo sie vorwaltend von Basalt gebildet werden, Basaltconglomerate und Basalttuffe genannt.

Ihrer Entstehung nach sind die meisten dieser Gesteine theils Frictionsgebilde, theils Alluvionsgebilde, welche letzteren sich nicht selten aus den ersteren in ganz allmäligen Uebergängen entwickelt haben, und stets eine sehr deutliche Schichtung erkennen lassen, während die eigentlichen Reibungsconglomerate gewöhnlich in ungeschichteten Massen auftreten. Manche Tuffe der Basaltfamilie dürften vielleicht als schlammartige Eruptionsgebilde, und noch andere als Dejectionsgebilde, als blose Aggregate von losen Auswürflingen zu betrachten sein, welche im Laufe der Zeit zu mehr oder weniger festen Gesteinen verkittet wurden. Besonders interessant sind diejenigen Tuffe, welche eine grosse Menge von Krystallen und Krystallbruchstücken solcher Mineralien umschliessen, die in gewissen Gesteinen der Basaltfamilie als Gemengtheile auftreten; wohin namentlich Augit, Hornblende, Glimmer und Olivin gehören. Man pflegt sie wohl, nach einer im Albaner Gebirge bei Rom vorkommenden Varietät, welche dort den Namen Peperino führt, überhaupt Peperin zu nennen.

Dass übrigens die Conglomerate und Tuffe der Basaltfamilie sehr häufig auch viele andere Gesteinsfragmente umschliessen müssen, diess folgt aus ihrer ganzen Bildungsweise; es ist diess besonders bei den eruptiven Frictionsbreccien der Fall, welche grössere und kleinere Bruchstücke der von ihnen durchbrochenen Gesteine zuweilen in solcher Menge enthalten, dass sie sogar vorwaltend werden können.

Die hierher gehörigen Alluvionsgebilde und die unter dem Wasser abgesetzten Dejectionsgebilde führen gar nicht selten organische Ueberreste, welche mitunter sehr zahlreich vorkommen, und theils von Pflanzen, theils von Thieren abstammen.

Folgende sind einige der wichtigsten der hier zu unterscheidenden Gesteine:

1) **Basaltconglomerat.** Eckige oder abgerundete Basaltstücke von aller Art und Grösse sind durch ein Cäment zu einem mehr oder weniger festen Gesteine verbunden. Oft sind auch Fragmente oder Gerölle anderer Gesteine vorhanden; die Basaltstücke aber erlangen zuweilen so bedeutende Dimensionen, dass sie als colossale Blöcke, ja fast als kleine Felsmassen erscheinen. — Das Cäment ist wohl zuweilen krystallinischer oder schlackiger Basalt; gewöhnlich aber besteht dasselbe aus feinerem Schutte basaltischer Gesteine, oder aus bunten Thonen, mitunter aus Kalkspath oder Aragonit, welche beide Mineralien auch nicht selten in der Form von Nestern, Trümern und Adern auftreten. Von organischen Ueberresten sind besonders verkieselte, verkalkte, oder auch nur in Braunkohle umgewandelte Holzstücke zu erwähnen.

2) **Basalttuff.** Wenn die Fragmente der Basaltconglomerate kleiner werden, so dass sie nur als nussgrosse Brocken und als noch kleinere Körner erscheinen, so entstehen diejenigen breccienartigen und psammitischen Gesteine, welche man Basalttuffe genannt hat*). Bei ihrer Bildung ist gewöhnlich das Wasser mit im Spiele gewesen, in welchem Falle sie eine sehr ausgezeichnete Schichtung besitzen. Ihre fragmentaren Elemente haben im Laufe der Zeit eine Zersetzung erlitten, erscheinen daher oft schmutzig grün, grau oder braun, statt schwarz, verfliessen in ihren Contouren mit dem sie verbindenden, noch feinerem und noch mehr zersetztem Cämente, und ertheilen dadurch dem Gesteine ein eigenthümliches Ansehen, so dass es oft nur durch die Uebergänge in gröbere, conglomeratartige Varietäten für das erkannt werden kann, was es eigentlich ist. Die aus ganz feinem Detritus gebildeten Tuffe erhalten ein homogenes Ansehen, erscheinen als pelitische Gesteine, und erlangen bisweilen eine täuschende Aehnlichkeit mit der sogenannten Wacke (S. 654), daher sie auch nicht selten unter diesem Namen aufgeführt worden sind.

Die Basalttuffe umschliessen häufig Fragmente von anderen Gesteinen, Krystalle und Krystallbruchstücke von Augit, Hornblende, Olivin und Glimmer, auch Körner von Magneteisenerz und bisweilen Glaukonitkörner**). Kalkspath, Aragonit und Grünerde erscheinen nicht selten in Trümern, Lagen und Nestern. Organische Ueberreste kommen in manchen Gegenden ziemlich häufig vor; namentlich marine oder limnische Conchylien, auch Pflanzenabdrücke, oder verkieselte und verkohlte Hölzer, Infusorienpanzer und andere Körper aus dem Thier- oder Pflanzenreiche.

3) **Peperin.** Das zuerst bekannt gewordene Gestein dieses Namens ist der Peperino aus dem Albaner Gebirge, dessen Verhältnisse durch Leopold v. Buch im Jahre 1805 vortrefflich geschildert worden sind***). Dieses Gestein besitzt eine aschgraue, feinerdige, weiche, wackenähnliche Grundmasse, in welcher zahlreiche und grosse schwarze Glimmerblätter, auch wohl Kry-

*) Dahin gehören auch die von Al. Brongniart unter dem Namen *Brecciole* aufgeführten Gesteine aus dem Vicentinischen. *Mém. sur les terrains de sediment superieurs du Vicentin. Paris* 1823.

**) *Brongniart*, a. a. O. *p.* 4.

***) Geognostische Beobb. auf Reisen u. s. w. II, S. 70 ff.

stalle von Augit und Leucit, so wie feine Körner von Magneteisenerz enthalten sind. Ausserdem kommen noch, als sehr charakteristische Einschlüsse, viele eckige Fragmente von weissem Kalkstein, und stellenweise runde oder eckige Stücke (oft colossale Blöcke) von Basalt oder Leucitophyr vor, welche letztere am Lago di Nemi dermaassen angehäuft sind, dass sie daselbst das Gestein fast allein bilden. Auch ist der schwarze Glimmer häufig in kugligen Concretionen ausgeschieden. Leopold v. Buch findet es wahrscheinlich, dass dieses merkwürdige Gestein als das Product wiederholter Ausbrüche von Asche und Glimmerkrystallen, von Kalksteinfragmenten und Basaltblöcken zu betrachten sei, welche auf ansehnliche Fernen verbreitet in das Meer fielen, und allmälig zu einem festen Gestein consolidirt wurden. Vielleicht wurde auch ein Theil dieses Materiales durch schlammartige Eruptionen geliefert.

Aehnliche Gesteine, welche in einer braunen, grauen oder rothen, wackenähnlichen Grundmasse zahlreiche und oft grosse Krystalle und Krystallbruchstücke von basaltischer Hornblende, Augit, Olivin, Glimmer oder Rubellan, zugleich mit Basaltfragmenten umschliessen, kommen in vielen basaltischen Regionen vor, und dürften daher gleichfalls als Peperin zu bezeichnen sein, indem man diesen Namen auf alle dergleichen tuffartige Gesteine ausdehnt, welche durch die Menge von krystallinischen Einschlüssen ein sehr frisches, unzerstörtes und glänzendes, an wirkliche krystallinische Gesteine erinnerndes Ansehen erhalten, und wahrscheinlich auf ähnliche Weise entstanden sind, wie der Peperin des Albaner Gebirges.

4) **Palagonittuff.** Dieses zuerst von Sartorius v. Waltershausen als eine eigenthümliche Bildung fixirte, und nach Palagonia, einem Orte seines Vorkommens in Sicilien, benannte Gestein, ist wohl nur als ein Basalttuff zu betrachten, welcher im Laufe der Zeit, unter dem Drucke und durch die chemische Einwirkung des Meerwassers oder des Wassers von Landseen, einem eigenthümlichen Zersetzungsprocesse unterlag, als dessen Product der Palagonit, dieser wesentliche Bestandtheil desselben, gebildet wurde.

Der Palagonit ist nämlich ein amorphes, in seinem Ansehen an Harz, Gummi oder auch an Pechstein erinnerndes Mineral, von weingelber bis schwärzlichbrauner Farbe, von Glasglanz oder Fettglanz, von muschligem und splittrigem Bruche, von der Härte 4—5, und dem Gewichte 2,4—2,6. Es enthält 16 bis 17 Procent Wasser, und ist überhaupt ein wasserhaltiges Silicat von Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde, Magnesia und wenig Natron und Kali, dessen Zusammensetzung nach Bunsen durch die Formel $\dddot{\bar{R}}^2\dddot{Si}^3 + 3\dot{R}\dddot{Si} + 9\dot{\bar{H}}$ dargestellt wird*).

Dieser Palagonit tritt nur selten in grösseren Massen ganz rein auf, wie z. B. bei Seljadalr auf Island; gewöhnlich erscheint er in der Form von eckigen Körnern und Brocken als der vorwaltende Bestandtheil brauner Tuffschichten, welche ausserdem noch Fragmente von Basalt, Anamesit und Mandelstein umschliessen, und meist eine körnige Structur und einen psammitischen Habitus besitzen. Auf diese Weise erscheint der Palagonittuff ausserordentlich

*) Da der Gehalt an Eisenoxyd 13 bis 14 Procent beträgt, so gehört das Mineral in die Abtheilung der wasserhaltigen Amphoterolithe, und ist in die Nähe des Chalilithes zu stellen. Vergl. meine Elemente der Mineralogie, S. 351.

verbreitet auf der Insel Island, und im Val di Noto in Sicilien. Seine petrographische Beschaffenheit, seine Schichtung und sein mehrorts nachgewiesener Reichthum an Conchylien, Infusorienpanzern u. a. organischen Ueberresten sprechen sehr für die von Waltershausen über die Entstehung dieses Gesteins aufgestellte Ansicht, welcher wir hier wesentlich gefolgt sind. Uebrigens unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass die von Darwin auf Chatam-Island, einer der Gallapagos-Inseln, beobachteten eigenthümlichen vulcanischen Tuffe alle Eigenschaften des Palagonittuffs besitzen; wie denn auch Sartorius v. Waltershausen in den Basalttuffen von Wilhelmshöhe bei Cassel eingesprengten Palagonit erkannt, und Sandberger am Beselicher Kopfe bei Limburg im Herzogthum Nassau den Palagonittuff nachgewiesen hat. Darwin ist gleichfalls der Ansicht, dass die Palagonittuffe von Chatam-Island, welche viele Krystallbruchstücke von Augit und Olivin, auch kleine Schlackenbrocken enthalten, durch die chemische Umwandlung eines feinen Tuffes entstanden sind, welche noch während seiner Submersion Statt fand*).

§. 200. *Klastische Gesteine der Lavafamilie.*

Nach dem, was oben in §. 186 über die Gesteine der Lavafamilie bemerkt worden ist, lässt sich erwarten, dass wir auch in dieser ächt vulcanischen Gesteinsfamilie vielen klastischen Bildungen begegnen werden. Denn alle die Ursachen, welche in den Gebieten der Trachyt- und Basaltfamilie auf die Ausbildung von Breccien und Conglomeraten, von Psammiten und Peliten hingewirkt haben, sind auch in der Umgegend der Vulcane, während und nach den vulcanischen Eruptionen ganz vorzüglich thätig gewesen. Daher finden wir denn in vulcanischen Gegenden Schlackenbreccien, Schlackenconglomerate, lose und consolidirte Schichten von Lapilli, Sand und Asche, und vulcanische Tuffe von der verschiedensten Beschaffenheit nach Material, Farbe, Grösse des Korns, und Consistenz, und in den verschiedensten Zuständen vom ganz frischen Zustande bis zum Zustande der höchsten Zersetzung, welche letztere da, wo sie von vulcanischen Dämpfen unterstützt wurde, nicht selten eine völlige Auflösung und Verwesung des Gesteins herbeigeführt hat.

Da diese Gesteine theils eruptive Frictionsgebilde, theils terrestrische oder subaquatische Dejectionsgebilde, theils auch Alluvionsgebilde sind, so erscheinen sie bald ohne alle Schichtung, bald aber und grössten-

*) Vergl. Sartorius v. Waltershausen, Ueber die submarinen vulc. Ausbrüche des Val di Noto, 1846, S. 34 f. und Physisch-geographische Skizze von Island, 1847, S. 76 ff. Bunsen, Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 61, 1847, S. 265 f. *Darwin, Geol. obs. on the volc. islands,* 1844, *p.* 98 f. und Sandberger, Uebersicht der geol. Verhältnisse des Herz. Nassau, 1847, S. 81.

theils mit einer so vollkommenen und regelmässigen Schichtung, wie sie nur bei rein sedimentären Gebilden vorkommen kann. Auch bedarf es kaum einer Erwähnung, dass namentlich die submarinen Dejectionsschichten und die Alluvionsgebilde vulcanischer Gesteine organische Ueberreste umschliessen können, welche auch bisweilen ziemlich häufig in ihnen angetroffen werden.

Der äussere Habitus der klastischen vulcanischen Gesteine ist übrigens so verschieden nach den Umständen, unter welchen, und nach dem Materiale, aus welchem sie gebildet worden sind, dass es keinen sonderlichen Nutzen gewähren würde, gewisse Varietäten unter besonderen Namen hervorzuheben. Einige der in den beiden vorhergehenden Paragraphen aufgeführten Gesteine lassen sich schon mit vollem Rechte als klastische Gesteine der Lavafamilie betrachten; im Allgemeinen aber muss es wohl jedem Beobachter überlassen bleiben, die ihm vorkommenden Bildungen dieser Art nach Maassgabe ihrer besonderen Eigenschaften durch zweckmässige Beschreibungen zu charakterisiren, und mit angemessenen Namen zu bezeichnen.

§. 201. *Klastische Gesteine der Kalksteinfamilie.*

Die Kalksteine und Dolomite sind gar nicht selten als Breccien ausgebildet, und haben noch öfter die Gerölle zur Bildung von Conglomeraten geliefert, wie denn auch in den Kalkstein-Regionen lose Kalksteingerölle sehr verbreitet zu sein pflegen. Ausser den Kalksteinfragmenten kommen auch noch bisweilen eckige Stücke und Gerölle von anderen Gesteinen vor; doch pflegen die Kalksteine vorzuwalten.

Das Cäment dieser klastischen Gesteine besteht theils in feinerem Schutte von Kalkstein, theils in krystallinischem, dichtem oder feinkörnigem Kalkstein oder Dolomit, theils in Kalkspath; doch ist auch im ersteren Falle immer etwas krystallinisch gebildeter kohlensaurer Kalk als das eigentliche Verkittungsmittel der Fragmente vorhanden. In einigen Fällen scheint das Cäment eine sandsteinartige, tuffartige oder wackenähnliche Gesteinsmasse zu sein.

1) **Kalksteinbreccie** und **Kalksteinconglomerat.** Eckige Bruchstücke oder auch Gerölle von Kalkstein, z. Th. vermengt mit Fragmenten anderer Gesteine, sind durch feineren Kalksteinschutt und kalkigen Kitt, oder ein oft sehr vorwaltendes Cäment von Kalkstein oder Dolomit verbunden. Besonders interessant sind diejenigen Breccien, bei welchen die ganz scharfkantigen Kalksteinfragmente gleichsam in einem Taige von Dolomit stecken. Dahin gehören z. B. die aus tertiärem Süsswasserkalkstein bestehenden Brec-

cien vom Tholonet und von St. Victoire bei Aix in der Provence*), die am nördlichen Abfalle der Sierra-Nevada so verbreiteten Kalksteinbreccien**), die aus Kohlenkalkstein bestehende Breccie von den Mendiphills, und die Kalksteinconglomerate der Gegend von Bristol, welche beide der Permischen Formation angehören.

In anderen Gesteinen der Art ist das Cäment dichter Kalkstein; so z. B. in den Kalksteinbreccien zwischen Köstenberg und Unter-Leupoldsberg im Fichtelgebirge, in vielen Kalksteinbreccien der Pyrenäen, in denen von Kielce und Checin im Sandomirer Gebirge in Polen. Als eine sehr neue, aber äusserst merkwürdige Bildung dieser Art ist die Kalksteinbreccie mit eisenschüssigem gelblichrothem Cämente zu erwähnen, welche als eine ganz oberflächliche Ablagerung, gleichsam wie eine umhüllende Kruste des Kalkstein-Felsgrundes in so vielen Küstengegenden des Mittelländischen Meeres vorkommt, und häufig ganz erfüllt mit den Knochen verschiedener Thiere ist.

Viele neuere Kalksteinconglomerate sind noch fortwährend in der Bildung begriffen, indem zwischen denen in den Flussbetten zusammengeschwemmten Kalksteingeröllen aus dem Wasser allmälig kohlensaurer Kalk oder Dolomit als verkittendes Bindemittel zum Absatze gelangt***). Die in einer der jüngsten geologischen Perioden auf solche Weise entstandenen Conglomerate kommen in den Thälern der Kalkalpen sehr häufig vor.

Als ein Beispiel von solchen Kalksteinbreccien, deren Cäment eine wackenähnliche Beschaffenheit hat, mag der sogenannte Brecciato oder Mischio di Serravezza von Carrara aufgeführt werden, dessen Kalksteinfragmente in einem blaulichbraunen Cäment stecken, von welchem Savi, zufolge einer Analyse von Passerini, glaubt, dass es eine Wacke sei, wie solches auch schon früher von Al. Brongniart angenommen wurde. Die Kalksteinstücke werden nach Savi allemal durch einen Ueberzug von Talk und Chlorit von dem Cämente abgesondert, und es wäre wohl möglich, dass letzteres als ein tuffartiges Frictionsgebilde von ursprünglich schlammartiger Natur zu betrachten ist†).

2) **Dolomitbreccie** und **Dolomitconglomerat.** Ihre Fragmente und Gerölle bestehen vorwaltend aus Dolomit; übrigens lassen sie wohl im Allgemeinen dieselben Verschiedenheiten der Bildung erkennen, wie die Breccien und Conglomerate der Kalksteine. Zu ihnen gehören z. B. die breccienartigen Varietäten der sog. Rauchwacke, für welche neulich Cotta die Ansicht geltend gemacht hat, dass ihre Bruchstücke durch Austrocknung und

*) Rozet, *Journal de Géologie*, 1830, *p.* 170.

**) Schimper, *l'Institut*, *t.* 17, 1849, *p.* 190.

***) Breithaupt theilt die interessante Beobachtung mit, dass in solchem Falle die Gerölle durch das zwischen ihnen krystallisirende Cäment von einander entfernt werden können, weshalb sie auch in ihren ursprünglichen Berührungspuncten durch mehr oder weniger Cäment abgesondert erscheinen. Es findet hierbei etwas Aehnliches Statt, wie bei der Bildung des Grundeises, welche zwischen die Gerölle des Flussbettes eindringt, sie von einander abhebt, und Conglomerate mit Eiscäment liefert. Die Paragenesis der Mineralien, 1849, S. 46.

†) Savi, in *Ann. des sc. nat.*, *t.* 21, 1830, *p.* 68.

Zerberstung eines schlammartigen Sedimentes gebildet, und dann durch neuen Schlamm von nur wenig abweichender Natur verbunden worden sind*).

3) **Stinksteinbreccie.** Diese merkwürdigen Breccien finden sich besonders in der sogenannten Zechsteinbildung. Sie bestehen aus scharfkantigen Stinksteinfragmenten, welche theils in Dolomit-Asche, theils in dichten Dolomit eingeknätet sind, und es in ihrer ganzen Erscheinungsweise beurkunden, dass sie durch mechanische Gewalten an Ort und Stelle gebildet worden sein müssen. Man kennt sie besonders aus der Gegend von Wimmelburg und Sangerhausen in Thüringen, sowie in England an der Küste von Durham, von wo sie durch Sedgwick ausführlich beschrieben und nach ihrer wahren Entstehung erläutert worden sind**).

4) **Dolomitgrand.** Boué hat auf die merkwürdige Erscheinung aufmerksam gemacht, dass manche Dolomit-Ablagerungen durch tausendfältige, sie nach allen Richtungen durchkreuzende Klüfte dermaassen zerstückelt sind, dass sie als ein an Ort und Stelle gebildetes Haufwerk von scharfkantigen grösseren und kleineren Fragmenten, von eckigem Grand und Sand erscheinen. Dergleichen durch und durch zerbrochene Dolomitmassen kommen z. B. in der Gegend von Baden, Medling und Vöslau in Oesterreich vor; der gröbere Grand wird zum Bestreuen der Wege, der feinere Sand aber als Scheuersand benutzt***).

5) **Kalksteingeröll.** In allen Gegenden, welche vorwaltend aus Kalkstein bestehen, kommen Ablagerungen von losen Kalksteingeröllen in grosser Verbreitung und Mächtigkeit vor; auch pflegen daselbst alle Flussbetten eben so von dergleichen Geröllen erfüllt zu sein, wie anderwärts von Quarzgeröllen oder von polygenen Geröllen.

Anmerkung. Dass es besonders die Kalksteingerölle gewisser Conglomerate sind, welche die räthselhafte Erscheinung der gegenseitigen Eindrücke wahrnehmen lassen, diess ist bereits oben, S. 449 bemerkt worden.

§. 202. *Polygene Conglomerate, Gerölle und Psammite.*

Es giebt sehr viele klastische Gesteine, insbesondere aber viele Conglomerate von theils fester, theils lockerer Beschaffenheit, welche sich deswegen nicht füglich in einer der bisher betrachteten Gruppen unterbringen lassen, weil ihre Bruchstücke oder Gerölle von so verschiedenen Gesteinen abstammen, dass sie entweder auf zwei oder mehre

*) Neues Jahrbuch für Min. u. s. w., 1848, S. 134.

**) Freiesleben, welcher eine sehr gute Beschreibung der Thüringischen Stinksteinbreccien gegeben hat, bezweifelte ihre breccienartige Natur, und erklärte sie für primitive Brockengesteine. Geognost. Arbeiten, II, S. 25 f. Dagegen hat es Sedgwick für die ähnlichen Gesteine von Durham bis zur Evidenz bewiesen, dass sie wirklich das sind, wofür sie sich auf den ersten Blick zu erkennen geben. *Trans. of the geol. soc.*, 2. *ser.*, *III*, *p.* 90 f.

***) *Bull. de la soc. géol.*, *t.* 13, *p.* 83.

Gesteinsfamilien zugleich, oder auch stellenweise bald auf diese bald auf jene Familie bezogen werden müssten, je nachdem in ihnen die Fragmente dieser oder jener Gesteinsart vorwalten. Solche Conglomerate sind es, welche man im Allgemeinen als polygene Conglomerate bezeichnet (S. 433).

Die Zusammenschwemmung ihres Materials musste nothwendig in einem Bassin oder Thalsysteme Statt gefunden haben, wo die Gebirgsoberfläche von mancherlei verschiedenartigen Gesteinen gebildet wurde. Je nachdem nun diese Gesteine selbst mehr oder weniger fest und hart, oder auch vermöge ihrer Structur mehr oder weniger leicht zermalmbar waren, und je nachdem ihre Fragmente mehr oder weniger weit fortgeschwemmt wurden, demgemäss werden diese Fragmente einen höheren oder geringeren Grad der Zerkleinerung, der Abschleifung und Abrundung erlitten haben.

Zwischen den grösseren Bruchstücken und Geröllen ist oft feinerer Schutt von psammitischer oder pelitischer Natur abgesetzt worden, welcher alle Zwischenräume derselben wie ein Mörtel erfüllt, und im Laufe der Zeit, theils durch ursprünglich in ihm vorhandene, theils durch allmälig infiltrirte Substanzen (z. B. durch kohlensauren Kalk, Kieselerde, Eisenoxydhydrat u. s. w.) einen hohen Grad von Festigkeit erlangen konnte. In solchen Fällen erscheint das ganze Gestein gegenwärtig als ein mehr oder weniger festes Conglomerat. Fanden dagegen keine derartige Infiltrationen Statt, oder war der feinere Gesteinsschutt nicht an und für sich zur Verfestung geeignet, so erscheint das Gestein bis auf den heutigen Tag als ein lockeres und schüttiges Conglomerat, oder als eine blose Geröllablagerung.

Die Conglomerate vieler Formationen zeigen einen polygenen Charakter, und obgleich wir denselben überhaupt fast in allen Formationen erwarten können, so liegt es doch in der Natur der Sache, dass einerseits die Conglomerate der neueren Formationen einer grösseren Manchfaltigkeit der Zusammensetzung fähig sein werden, als die älteren und ältesten Conglomerate, und dass anderseits die Grösse des Alluvionsgebietes von Einfluss sein muss, weil sich im Allgemeinen voraussetzen lässt, dass in einem grösseren Flussgebiete eine grössere Manchfaltigkeit von Gesteinen zu finden sein wird, als in einem kleineren Flussgebiete. Indessen kommen auch viele Ausnahmen vor, da gar nicht selten auf kleinen Räumen sehr verschiedenartige Bildungen zusammengedrängt sind, während dagegen grosse Räume eine sehr einförmige petrographische Zusammensetzung zeigen.

Die meisten Conglomerate des Rothliegenden, die Nagelfluh der

Molasseformation, und viele Conglomerate der Steinkohlenformation liefern ausgezeichnete Beispiele solcher polygenen Conglomerate. Die neuesten Ablagerungen der meisten Stromthäler erscheinen als lose Geröllschichten, in welchen Gerölle und Bruchstücke sehr verschiedener Gesteine durch einander liegen, da sie aus dem Bereiche des ganzen Flusssystems herabgeschwemmt worden sind. Eben so zeigen die über weite Strecken der Tiefländer abgelagerten Geröllmassen bisweilen eine polygene Zusammensetzung, obgleich sie auch öfters sehr vorwaltend von Quarzgeröllen gebildet werden.

Werden die polygenen Conglomerate feinkörniger, so nehmen sie statt des psephitischen mehr einen psammitischen Habitus an, und dann entstehen polygene Psammite, welche gewöhnlich mit den Conglomeraten vergesellschaftet sind, indem sie theils schichtenweise mit ihnen abwechseln, theils auch innerhalb derselben Schichten durch allmälige Verfeinerung des Kornes aus ihnen hervorgehen.

Zu diesen polygenen klastischen Gesteinsmassen sind auch viele jener losen Ablagerungen von Felsblöcken und anderem Gesteinsschutt zu rechnen, welche die grösseren Gletscher vor sich herschieben, und als Moränen in den Thälern rückständig lassen; obwohl es auch Moränen giebt, welche fast nur aus einer Gesteinsart bestehen. Auch gehören dahin die ähnlichen Ablagerungen von exotischen Felsblöcken und Geröllen, welche im nördlichen Theile des germanisch-sarmatischen Tieflandes und in Nordamerika vorkommen, und wahrscheinlich durch schwimmende Eismassen zugeführt und abgesetzt worden sind.

Die Zusammensetzung der polygenen klastischen Gesteine ist übrigens so schwankend und unbestimmt, sie ist so abhängig von localen Bedingungen, sie wechselt dermaassen von einer Gegend zur andern, dass sich über sie im Allgemeinen nicht viel sagen lässt. Noch weniger lassen sich bestimmte Varietäten oder besondere Arten hervorheben, weil fast jeder concrete Fall eine besondere Varietät repräsentirt. Daher bleibt es die Aufgabe eines jeden Beobachters, die ihm vorkommenden derartigen Gesteine zu beschreiben, und mit zweckmässigen Benennungen zu belegen, welche entweder von ihrer Zusammensetzung, oder von ihrem Formationscharakter entlehnt werden.

§. 203. *Klastische Gesteine der Eisenerze.*

Als solche sind besonders zwei Bildungen zu erwähnen, welche freilich nur als untergeordnete und singuläre Vorkommnisse zu betrachten, desungeachtet aber wichtig genug sind, um nicht gänzlich übergangen

werden zu können. Die eine dieser Bildungen ist eine eigenthümliche Eisenerzbreccie, welche in Brasilien unter dem Namen Tapanhoacanga bekannt ist, und besonders durch die Art ihres Vorkommens alle Aufmerksamkeit verdient. Die andere Bildung ist der Magneteisensand, welcher da und dort, in Flussbetten oder an den Meeresküsten, in grösseren Quantitäten zusammengeschwemmt wird.

1) **Tapanhoacanga.** Dieses merkwürdige Gestein, dessen Kenntniss wir Eschwege verdanken*), besteht aus eckigen, nur selten etwas abgerundeten Fragmenten von Magneteisenerz, Glanzeisenerz, Eisenglimmerschiefer und Brauneisenerz, von einigen Linien bis zu acht und mehren Zoll Durchmesser, welche durch ein, ebenfalls aus Eisenerzen bestehendes Cäment verbunden sind. Dieses Cäment ist theils sehr sparsam vorhanden, so dass die Stücke nur wie an einander gekittet erscheinen, theils findet es sich reichlicher ein, und erscheint dann als dichtes Rotheisenerz, Brauneisenerz oder auch als rother, brauner und gelber Eisenocker. Zuweilen finden sich auch Fragmente von Quarzit, Itakolumit, Thonschiefer und anderen Gesteinen ein; ausserdem aber erscheint Gold, als ein wichtiger accessorischer Bestandtheil, mehr oder weniger häufig in dem Gesteine, zumal da, wo die Fragmente kleiner und mit viel Eisenocker gemengt sind**).

Diese Tapanhoacanga oder auch Canga, wie sie zuweilen genannt wird, überzieht als eine 4 bis 12 Fuss mächtige mantelförmige Schale oder Kruste die Erdoberfläche, die höchsten Bergrücken und ihre Abhänge wie die Thäler und Vertiefungen, welche sie in meilenweiter Ausdehnung bedeckt, ohne die Reliefformen des Terrains zu verändern oder wesentlich umzugestalten. Am gewöhnlichsten liegt sie auf Eisenglimmerschiefer, häufig aber auch auf Thon- und Talkschiefer oder auf Itakolumit. Besonders die Gegend von Itabira, Villarica, Marianna und Congonhas do Campo zeigen diese Bildung, deren Ablagerungsweise fast einzig in ihrer Art genannt werden kann***).

2) **Magneteisensand.** Kleine und sehr kleine eckige Körner und Blättchen, zum Theil auch abgerundete Krystalle von titanhaltigem Magneteisenerz, mehr oder weniger reichlich gemengt mit kleinen Körnern, Krystallen und Krystallbruchstücken von Quarz, Zirkon, Spinell, Olivin, Augit, Glimmer u. a. Mineralien sind lose zusammengeschwemmt, und bilden in den Betten einiger Flüsse und Ströme, an den Ufern gewisser Landseen und an manchen Stellen des Meeresufers kleine, meist oberflächliche Ablagerungen bis zu einigen Zoll Stärke. Inseln Usedom und Wollin, Menaccan in Cornwall, Laacher See, Küste bei Neapel.

*) Beiträge zur Gebirgskunde Brasiliens, 1832, S. 141 ff. und Pluto Brasiliensis, 1833, S. 225 f.

**) Bei Itabira fanden sich auch Blättchen von gediegenem Eisen so häufig, dass Eschwege aus einer ausgewaschenen Partie einen Nagel schmieden lassen konnte.

***) Nur die S. 717 erwähnten Kalksteinbreccien in den Küstengegenden des Mittelländischen Meeres lassen, z. B. an den Küsten Spaniens, eine ganz ähnliche Ablagerungsart erkennen.

Dritte Classe. Gesteine, die weder krystallinisch noch klastisch sind.

§. 204. *Porodine, hyaline und dialytische Gesteine.*

Mehre hierher gehörige Gesteine sind, wegen ihrer innigen Verwandtschaft mit gewissen krystallinischen oder klastischen Gesteinen, bereits oben gehörigen Ortes betrachtet worden, daher nur der Uebersicht wegen ihre Namen, unter Verweisung auf die betreffende Seite, nochmals aufgeführt werden sollen.

A. Porodine Gesteine.

1) **Opal**, S. 552.
2) **Flint** oder **Feuerstein,** S. 552.

B. Hyaline Gesteine.

1) **Pechstein,** S. 620.
2) **Perlit**, S. 625.
3) **Obsidian**, S. 627.
4) **Bimsstein,** S. 628.

Als eigenthümliche halbglasige Gesteine sind noch die durch Kohlenbrände gebrannten, gefritteten und verschlackten Thone und Schieferthone zu erwähnen, welche gewöhnlich unter dem Namen Porcellanjaspis aufgeführt werden, statt dessen wir uns des von französischen Schriftstellern gebrauchten Wortes Porcellanit bedienen wollen.

5) **Porcellanit.** Röthlichgrau bis ziegelroth, gelblichgrau bis ockergelb, perlgrau und blaulichgrau bis lavendelblau, oder aschgrau bis graulichschwarz; oft mit gefleckter, gewolkter, geflammter und gestreifter Farbenzeichnung; matt oder schwach fettglänzend; undurchsichtig, selten kantendurchscheinend; theils dickschiefrig und spaltbar, mit rauhem Bruche, theils massig, zerborsten und rissig, mit muschligem und glattem Bruche; bisweilen schlackenähnlich. Die schiefrigen Varietäten enthalten oft wunderschöne, äusserst scharf ausgeprägte Pflanzenabdrücke.

Die Porcellanite sind selten deutlich geschichtet; meist bilden sie schüttige Massen, die aus regellos über einander gehäuften, und mehr oder weniger zusammengesinterten Stücken bestehen, zuweilen aber eine recht ansehnliche Ausdehnung und Mächtigkeit erlangen können. Planitz bei Zwickau und Zittau in Sachsen; Lessau bei Carlsbad, Gegend von Teplitz, so wie zwischen Bilin und Laun in Böhmen.

Anmerkung. Der sogenannte Basaltjaspis oder Systyl*) ist

*) Der erstere Name, welcher sich auf das Vorkommen in Basalt und auf die Aehnlichkeit mit Jaspis bezieht, rührt von Freiesleben, der zweite Name von Zimmermann her.

dem Porcellanite einigermaassen verwandt, da er ein gebrannter oder halb verglaster Mergel oder merglicher Sandstein zu sein scheint. Er findet sich in eingewachsenen meist scharfkantigen Stücken, hat lavendelblaue bis blaulichgraue, perlgraue und gelblichgraue Farbe, muschligen oder unebenen Bruch, ist wenigglänzend bis schimmernd und undurchsichtig.

C. Dialytische Gesteine. So bezeichnen wir solche Gesteine, welche aus der chemischen Zersetzung und Verwesung anderer Gesteine hervorgegangen sind. Zu ihnen gehören besonders Walkerde, Kaolin, Thon und Lehm.

1) **Walkerde.** Grünlichgrau bis ölgrün, olivengrün und grünlichweiss, oft gefleckt, gewolkt und gestreift; matt, im Striche glänzend; Bruch uneben oder flachmuschlig im Grossen, feinkörnig, erdig oder splittrig im Kleinen; undurchsichtig oder in Kanten schwach durchscheinend; sehr weich, äusserst leicht zersprengbar, mild und sehr fettig anzufühlen. Im Wasser zerfällt sie unter Ausstossung von Luftbläschen zu einer breiartigen aber nicht plastischen Masse. Rosswein in Sachsen, Cilly in Steyermark, Hampshire und Bedfordshire in England. Von der Sächsischen Varietät ist es gewiss, dass solche nur ein Zersetzungsproduct des dortigen Gabbroschiefers ist.

2) **Kaolin** (Porcellanthon). Röthlichweiss, gelblichweiss, grünlichweiss, selten schneeweiss; matt; zerreiblich, aus sehr feinen staubartigen Theilen bestehend, daher meist abfärbend; fühlt sich mager an, und klebt nur schwach an der Zunge*). Der Kaolin ist ein Zersetzungsproduct feldspathreicher Gesteine, besonders gewisser Granite und Porphyre, deren Feldspath durch den Verlust der Alkalien und eines Theiles der Kieselerde und durch Aufnahme von Wasser in ein wasserhaltiges Thonerdesilicat umgewandelt worden ist, welches in seiner reinsten Darstellung nach der Formel $\ddot{A}l\,\ddot{S}i^2 + 2\dot{H}$ zusammengesetzt zu sein scheint. Er findet sich daher besonders an der Aussenseite gewisser Granit- und Porphyr-Ablagerungen, deren Zersetzung aber oft auf bedeutende Tiefe fortgeschritten ist, so dass der, durch die übrigen Gemengtheile des Gesteins mehr oder weniger verunreinigte Kaolin bisweilen sehr mächtige Ablagerungen bildet Aue bei Schneeberg in Sachsen, Carlsbad in Böhmen, Limoges in Frankreich, St. Stephens und St. Austell in Cornwall, hier überall aus Granit entstanden; Seilitz bei Meissen, Sornzig bei Mügeln und Rasephas bei Altenburg, als das Verwesungsproduct von Porphyren.

3) **Thon** (Töpferthon; *Argile plastique*). Die reinen Thone sind gewiss, eben so wie der Kaolin, als Zersetzungsproducte feldspathreicher Gesteine zu betrachten; obwohl sie durch verunreinigende Beimengungen von feinem Quarzsand, Glimmerschuppen u. a. klastischen Elementen eine solche Beschaffenheit erhalten können, dass sie bisweilen wie ein sehr feines Zerreibungsproduct erscheinen. Sie kommen von allen möglichen weissen und grauen,

*) Nach Ehrenberg besteht der Kaolin von Aue aus sehr kleinen, platten scheibenförmigen Elementen, welche sich in concentrische Ringe auflösen; unter dem Mikroskope erscheint fast die ganze Substanz aus grösseren und kleineren Fragmenten dieser Scheiben und Ringe zusammengesetzt.

zuweilen auch von bunten Farben vor, sind im trocknen Zustande consistent, jedoch mild und zerreiblich, im feuchten Zustande geschmeidig und plastisch; ihr Bruch ist uneben im Grossen, feinerdig im Kleinen; sie sind matt, werden aber im Striche etwas glänzend, saugen das Wasser begierig ein, und kleben daher trocken stark an der Zunge. Häufig sind sie bituminös oder kohlig; in anderen Fällen enthalten sie mehr oder weniger kohlensaure Kalkerde, Magnesia, Eisenoxydul u. s. w., doch dürften sie ihrer hauptsächlichen Zusammensetzung nach immer als amorphe, wasserhaltige Thonerde-Silicate zu betrachten sein.

Von accessorischen Bestandtheilen sind besonders Eisenkies (Pyrit und Markasit) und Gyps zu erwähnen, welche in Krystallen und Krystallgruppen häufig vorkommen; auch Knollen, Nieren und Lenticularmassen (Septarien) von Sphärosiderit, Thoneisenstein und merglichem Kalkstein sind in gewissen Thonbildungen keine seltene Erscheinung. Indessen sind auch manche Thone fast ganz frei von allen accessorischen Bestandtheilen und Bestandmassen.

Die reinen und einfarbigen Thone erscheinen bisweilen ganz ungeschichtet; die bunten, und die mit mehr oder weniger Sand oder mit zarten Glimmerschuppen gemengten Thone dagegen lassen oft eine deutliche Schichtung, ja die glimmerhaltigen zuweilen schon eine Anlage zu schiefriger Structur erkennen.

Viele Thonbildungen sind sehr reich an organischen Ueberresten, und die schönsten und besterhaltenen Petrefacten pflegen aus den thonigen Schichten der verschiedenen Gebirgsformationen zu stammen. Andere Thone enthalten gar keine oder nur sparsame Fossilien.

Anm. Der sogenannte Salzthon ist ein sehr bituminöser, meist rauchgrauer bis graulichschwarzer, mit Kochsalz imprägnirter Thon, welcher als ein wesentlicher Bestandtheil vieler Steinsalzablagerungen auftritt. Nach den Untersuchungen von Schafhäutl enthält er viele Infusorienreste, und besteht aus 5fachkieselsaurer Thonerde mit sehr viel (über 26 Procent) kohlensaurer Magnesia, etwas Schwefeleisen, ein paar Procent Bitumen und noch weniger Kochsalz*).

4) **Lehm** (Löss). Dieses Gestein ist wesentlich ein durch sehr feinen Quarzsand (auch wohl durch Glimmersand) und durch kohlensauren Kalk mehr oder weniger verunreinigter, und durch etwas Eisenoxydhydrat gefärbter Thon. Die gelblichgraue bis schmutzig gelbe Farbe, die mehr sandige, daher rauhe und mager anzufühlende Masse, der fast glanzlose Strich und das geringere Haften an der Zunge unterscheiden ihn von den reineren Thonen. Im Wasser wird er plastisch, und im Feuer brennt er sich roth.

Von accessorischen Bestandmassen kommen besonders rundliche oder längliche, oft seltsam gestaltete, und nach innen gewöhnlich stark zerborstene Mergelknollen vor. Auch Geschiebe, Gerölle und Blöcke anderer Gesteine sind oft einzeln im Lehm eingeschlossen. Uebrigens umschliesst er bisweilen Gehäuse von Land- und Süsswasser-Conchylien, so wie Knochen von Säugethieren.

*) Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 51, 1844, S. 261.

Der Lehm zeigt gewöhnlich eine merkwürdige Einförmigkeit seines Habitus; ohne auffallenden Wechsel der Farbe, des Kornes und der sonstigen Beschaffenheit (einen bald grösseren bald geringeren Sandgehalt ausgenommen) bildet er oft mächtige und weit ausgedehnte Ablagerungen, welche ungeachtet ihrer Mächtigkeit nur selten eine deutliche Schichtung erkennen lassen; ja, viele Lehmablagerungen erscheinen als völlig ungeschichtete, und nur von verticalen Klüften und Spalten regellos durchsetzte Massen.

Anmerkung. Anhangsweise mag hier des sogenannten Tschornosem gedacht werden, einer schwarzen feinen Erde, welche 6 bis 7 Procent organischer Stoffe enthält, daher einen äusserst fruchtbaren Boden liefert, und im südlichen Russland, so wie auch jenseits des Ural im südlichen Sibirien sehr verbreitet, dabei nicht selten bis 20 Fuss mächtig abgelagert ist*).

§. 204. *Zoogene und phytogene Gesteine.*

Manche Gesteine, wie z. B. die Muschelconglomerate oder sogenannten Muschelmergel so vieler Küstengegenden, der Madreporenkalkstein der Korallenriffe, und von älteren Gesteinen viele Nummulitenkalksteine, Korallenkalksteine, Krinoidenkalksteine u. s. w. erscheinen so unzweifelhaft als Anhäufungen von mehr oder weniger veränderten organischen Körpern, dass sie von jedem Beobachter sofort bei dem ersten Blicke dafür erkannt werden. Sie bedürfen daher auch keiner weiteren Beschreibung; ja, sie würden kaum eine allgemeinere petrographische Charakteristik und Uebersicht gestatten, weil sie insgesammt ihrem materiellen Bestande nach nichts als Kalkstein zu sein pflegen, während ihre besondere Beschaffenheit von den verschiedenen Species derjenigen organischen Körper abhängig ist, durch deren Anhäufung sie vorzugsweise gebildet worden sind. Ihre speciellere Beschreibung und Unterscheidung ist daher mehr eine Aufgabe der Paläontologie, als der Petrographie.

Dagegen sind hier einige andere Gesteine zu erwähnen, welche sich nicht auf den ersten Anblick als Aggregate von thierischen oder von pflanzlichen Körpern zu erkennen geben, weil jene in mikroskopischer Kleinheit, diese aber in einem so veränderten Zustande auftreten, dass es bei ihnen einer sehr genauen Untersuchung unter dem Mikroskope oder auch durch andere Hilfsmittel bedarf, um sich davon zu überzeugen, dass man wirklich eine zoogene oder phytogene Bildung vor sich hat. Zu diesen Gesteinen gehören besonders die Kreide, der Polirschiefer,

*) *Murchison etc., The Geology of Russia,* 1845, *p.* 557 ff.

und die Infusorien-Pelite aller Art, sowie der Anthracit, die Steinkohle und die Braunkohle.

A. Zoogene Bildungen.

1) **Kreide.** Die gewöhnliche schreibende Kreide, dieser ganz eigenthümliche, durch seine weisse Farbe, seinen feinerdigen matten Bruch, seine weiche milde Beschaffenheit und seine leichte Zersprengbarkeit so ausgezeichnete Kalkstein, welcher sich aber, ungeachtet seines pelitartigen Habitus, von allen weissen Thonen und Thonsteinen durch die, unter starkem Aufbrausen erfolgende fast vollständige Auflösung in Säuren unterscheidet, ist besonders durch Ehrenberg's Untersuchungen als ein wesentlich zoogenes Gestein erkannt worden. Dasselbe gilt von vielen anderen, zur Kreideformation gehörigen Kalksteinen.

Die Kreide ist daher zwar ein Kalkstein, sofern sie aus kohlensaurem Kalke besteht; allein sie ist durchaus kein krystallinischer Kalkstein. Ihre nächsten, mikroskopisch kleinen Elemente sind nämlich, wie Ehrenberg gezeigt hat, theils anorganische Moleküle, theils kalkige Schalen von Polythalamien, einer Abtheilung der Bryozoen oder Mooskorallen. Die anorganischen Moleküle erscheinen als kleine elliptische Scheiben von $^1/_{480}$ bis $^1/_{190}$ Linie Durchmesser, welche an ihrem Rande von einem gegliederten Ringe eingefasst, und erst bei 300maliger Vergrösserung zu erkennen, bei 500maliger Vergrösserung aber vollkommen deutlich wahrzunehmen sind. Die oft sehr vorwaltenden organischen Elemente bestehen hauptsächlich aus kalkigen Polythalamienschalen von $^1/_{288}$ bis $^1/_{24}$ Linie Durchmesser, welche grösstentheils den Geschlechtern Textularia, Rotalia, Globigerina, Planulina und Rosalina angehören, und zuweilen auch von Kieselpanzern einiger Infusorienspecies begleitet werden. Bei der ausserordentlichen Kleinheit dieser Polythalamienschalen ergiebt sich, dass von ihnen in einem Cubikzoll Kreide oft weit über eine Million enthalten sein muss.

Diese Zusammensetzung der Kreide und vieler Kreidekalksteine ist bereits in den Vorkommnissen derselben aus den verschiedensten Gegenden, z. B. von der Insel Rügen, aus Schonen, von den dänischen Inseln, aus England und Irland, aus der Gegend von Paris, von Sicilien, Zante, aus Nordafrika und Arabien nachgewiesen worden, so dass sie wohl als die allgemeine und gesetzmässige Zusammensetzung dieser merkwürdigen Kalksteinbildung betrachtet werden kann*).

Die Kreide ist arm an accessorischen Bestandtheilen von welchen nur der Glaukonit als ein in den unreineren, merglichen Varietäten oft vorkommendes Mineral zu erwähnen ist; dafür enthält sie aber sehr häufig accessorische Bestandmassen von Flint oder Feuerstein, in der Form von rundlichen, oft seltsam gestalteten Knollen, deren Masse an Kieselpanzern von

*) Ehrenberg, in Poggend. Ann. Bd. 39, 1836, S. 101, Bd. 47, 1839, S. 502, besonders aber dessen Werk: Die Bildung der Europäischen, Libyschen und Arabischen Kreidefelsen und des Kreidemergels aus mikroskopischen Organismen. Berlin 1839.

Infusorien mehr oder weniger reich zu sein pflegt. Auch Eisenkies kommt nicht selten in Kugeln und Knollen vor, wogegen sich Knollen eines unreinen dichten Apatites nur an einzelnen Puncten gefunden haben.

Sehr reich ist die Kreide an grösseren organischen Ueberresten von Polypen, Strahlthieren, Mollusken, Fischen u. s. w., welche z. Th. gleichfalls in Flint umgewandelt sind.

Die Schichtung der weichen Kreide ist meist undeutlich und oft gar nicht durch wirkliche Schichtungsfugen ausgedrückt, sondern gewöhnlich nur an denen in parallelen Lagen eingeschichteten Flintknollen zu erkennen, welche in grösseren oder geringeren Abständen auftreten, und durch ihre Farbe gegen die weisse Kreide sehr auffallend abstechen.

2) **Polirschiefer** (Saugschiefer). Der Polirschiefer ist gelblichweiss bis gelblichgrau und isabellgelb, sehr dünn- und geradschiefrig, matt und undurchsichtig, sehr weich bis zerreiblich, daher abfärbend, äusserst leicht spaltbar, klebt wenig an der Zunge, und hat scheinbar ein sehr geringes specifisches Gewicht*), so dass er in dünnen Blättchen auf dem Wasser schwimmt. Er saugt jedoch das Wasser, unter Entwicklung von vielen Luftblasen, begierig ein, und erhält dann nach Buchholz ein Gewicht von 1,90 — 1,99.

Der eigentliche Saugschiefer dagegen ist weiss, graulich, gelblich oder bräunlich, springt in tafelförmige Bruchstücke, klebt stark an der Zunge, ist so hart, dass er Glas ritzt, und scheint nur ein von opalartiger Kieselerde innig durchdrungener Polirschiefer zu sein, in welchen auch einerseits so wie anderseits in Halbopal er ganz allmälig übergeht.

Der Polirschiefer enthält selten, der Saugschiefer häufig Abdrücke von Fischen und Blättern. Der erstere besteht gänzlich, der andere grossentheils aus Kieselpanzern von Infusorien, von welchen gewöhnlich eine Art sehr vorwaltend vorhanden ist; wie z. B. im Polirschiefer von Bilin *Gaillonella distans* im hohen Grade vorwaltet. Ein solcher Kieselpanzer ist etwa $^1/_{288}$ Linie gross, und da sie dicht gedrängt liegen, so kann ein Cubikzoll des Biliner Polirschiefers 41000 Millionen Panzer von Gaillonella enthalten.

Aehnliche Gesteine kennt man vom Habichtswalde bei Cassel, von Planitz in Sachsen, und von anderen Orten. Auch der sogenannte Dysodil aus Sicilien, vom Westerwalde und aus dem Siebengebirge ist nach Ehrenberg nur ein, von Bitumen und Erdpech durchdrungener und mit kohligen Theilen gemengter, übrigens aber wesentlich aus Infusorien bestehender Schiefer**).

3) **Infusorienpelit.** An den Polirschiefer schliessen sich manche andere, theils feste, thon- oder kreideähnliche, theils ganz lose staubartige, wie feines Mehl erscheinende Massen an, welche gleichfalls gänzlich oder grösstentheils nur aus Kieselpanzern von Infusorien bestehen, und zuweilen eine recht ansehnliche Ausdehnung und Mächtigkeit erlangen. Da sie stets einen pelitartigen Habitus zeigen, so wollen wir sie unter dem Namen der

*) Nach August Reuss beträgt das sp. Gewicht des Biliner Polirschiefers 1,037, des darunter liegenden Saugschiefers 1,531. Die Umgebungen von Teplitz und Bilin. S. 134.

**) Poggend. Ann. Bd. 48, S, 573 f.

Infusorienpelite zusammenfassen. Dahin gehören z. B. das weisse kreideähnliche Gestein von Jastraba in Ungarn, welches bis 14 Fuss mächtig ist, und 10 verschiedene Species von Kieselpanzern erkennen liess; ferner die sogenannte Kieselguhr von Franzensbad und von Isle de France; das Bergmehl von Santa-Fiora in Toscana und von Degernä in Schweden; die nach oben weisse, nach unten graue (weil mit Fichtenpollen gemengte) thonähnliche Erde, welche bei Ebsdorf, am Südrande der Lüneburger Haide, eine bis 28 Fuss mächtige Ablagerung bildet, und aus 14 verschiedenen Species besteht, unter denen namentlich Synedra Ulna und Gaillonella aurichalcea sehr vorwalten; das 5 bis fast 100 F. mächtige schwammige Thonlager, welches einen Theil des Grund und Bodens von Berlin bildet, und bis zu ²/₃ seiner Masse aus grossentheils noch lebenden Individuen fossiler Gaillonellen besteht; endlich das 12 bis 25 F. mächtige Lager in der Tertiärformation von Richmond in Virginien, welches wie ein gelber Thon erscheint, aber nach Rogers gänzlich von Infusorienpanzern gebildet wird*).

B. Phytogene Bildungen.

1) **Anthracit.** Derb, in ganzen Lagern und Flötzen. Eisenschwarz und sammtschwarz; im Bruche muschlig; stark glänzend von Glasglanz bis halbmetallischem Glanze, zuweilen bunt angelaufen; spröde; Härte nahe der des Kalkspathes; Gewicht bis 1,75. Besteht hauptsächlich aus Kohlenstoff, mit einem geringen Gehalte von Sauerstoff, Wasserstoff und sehr wenig Stickstoff, und mit mehr oder weniger beigemengten erdigen Theilen. Verbrennt schwierig theils ohne, theils mit schwacher Flamme, ohne sich dabei aufzublähen oder zu schmelzen, und hinterlässt etwas Asche.

Dass der Anthracit wirklich nichts Anderes, als eine Steinkohle sei, welche ihren Bitumengehalt fast gänzlich verloren hat, darüber kann kein Zweifel mehr obwalten, seitdem von Bailey und Teschemacher in halb verbrannten Anthraciten der Nordamerikanischen Steinkohlenformation deutlich erkennbare organische Structur, Zellen und Gefässe, auch von Letzterem im frischen Anthracite deutliche Pflanzenformen nachgewiesen worden sind**). So bestätigt sich denn die von Menard-de-la-Groye schon vor langer Zeit aufgestellte Behauptung, dass der Anthracit als eine vegetabilische Kohle, als eine phytogenes Fossil betrachtet werden müsse***).

2) **Steinkohle** (Schwarzkohle). Derb, in ganzen Lagern und Flötzen. Sammtschwarz, pechschwarz bis graulichschwarz; im Bruche muschlig, uneben oder schiefrig; stark glänzend bis schimmernd, von Fettglanz, zuweilen bunt angelaufen; wenig mild bis spröde; Härte etwas geringer als die des Anthracites; Gewicht bis 1,5. Besteht vorwaltend aus Kohlenstoff, mit einem grösseren Gehalte von Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff als der

*) Auch das von Salvétat mit dem Namen Randanit belegte weisse pulverförmige Mineral, welches in Algerien, so wie in Frankreich bei Ceyssat und Randan vorkommt, ist nach neueren Untersuchungen ein Infusorienpelit. Neues Jahrbuch für Min. 1848, S. 214.

**) *The American Journal of science*, 2. *ser. vol. I, p.* 407, und *vol. IV, p.* 420.

***) *Journal de Physique, t.* 81, *p.* 43.

Anthracit, und mit einem sehr wechselnden Gehalte von erdigen Theilen. Verbrennt leicht mit Flamme und starkem Rauche, verbreitet dabei einen eigenthümlichen, nicht gerade widrigen Geruch, und zeigt in vielen Varietäten die Eigenschaft, sich in der Hitze zu erweichen und aufzublähen, oder doch zusammen zu sintern. Kalilauge wird durch das Pulver der Steinkohle entweder gar nicht, oder nur gelb oder schwach bräunlich gefärbt.

Die Steinkohle, welche nach Maassgabe ihrer besonderen Eigenschaften als Pechkohle, Grobkohle, Kännelkohle, Ruskohle, Schieferkohle u s. w. unterschieden wird, ist in den meisten Fällen gewiss nichts Anderes, als umgewandelte und mineralisirte Pflanzenmasse. Diese Ansicht wird wohl von Niemand mehr in Zweifel gezogen, seitdem Nicol, Witham und Hutton in der compacten Steinkohle durch mikroskopische Beobachtungen die zellige Structur von Holzarten nachgewiesen haben, und seitdem Göppert gezeigt hat, dass man gar nicht selten mitten in der Steinkohle noch die vegetabilischen Formen zu erkennen vermag. Indessen wäre es nicht unmöglich, dass auch einige Kohlen wenigstens zum grössten Theile durch angehäufte und mumisirte thierische Körper entstanden sind, wie diess Studer von der Kohle bei Boltigen im Simmenthale anzunehmen geneigt scheint, und auch schon früher Leopold v. Buch für andere Alpinische Steinkohlen angedeutet hat*).

3) **Braunkohle** (Lignit). Derb, in ganzen Lagern und Flötzen. Braun in verschiedenen Nüancen bis pechschwarz; sehr häufig mit deutlich erkennbarer holzartiger oder anderweiter vegetabilischer Form und Structur; im Bruche muschlig bis eben, glatt, erdig oder fasrig; fettglänzend, schimmernd bis matt, jedoch im Striche glänzend; etwas spröde oder mild, zuweilen in bastartigen, blattartigen oder nadelförmigen Theilen elastisch biegsam. Gewicht bis 1,5. Sie besteht aus Kohlenstoff (55—75 Procent) nebst Sauerstoff, Wasserstoff, etwas Stickstoff und verunreinigenden erdigen Beimengungen, verbrennt leicht mit rusender Flamme und unter Entwickelung eines unangenehmen Geruchs, und giebt mit Kalilauge digerirt eine dunkelbraune Flüssigkeit.

Die Braunkohle wird besonders als Pechkohle, als gemeine, erdige und holzförmige Braunkohle (bituminöses Holz) unterschieden, und lässt in ihrer äusseren Erscheinung ihre vegetabilische Abkunft so deutlich erkennen, dass solche wohl von Niemand bezweifelt worden ist.

4) **Torf.** Der Torf ist ein Aggregat von durch einander gewebten und verfilzten, mehr oder weniger comprimirten und zersetzten Pflanzentheilen, und zeigt eine sehr verschiedene Beschaffenheit, je nachdem er vorwaltend von diesen oder jenen Pflanzenspecies gebildet wird, je nachdem die Zersetzung derselben mehr oder weniger weit fortgeschritten ist, je nachdem er einem grösseren oder geringerem Drucke unterworfen gewesen und durch erdige Beimengungen mehr oder weniger verunreinigt worden ist.

Anmerkung. Anhangsweise ist noch hier der Asphalt zu erwähnen, welcher freilich nur sehr mittelbar als ein Product der Pflanzenwelt zu

*) Studer, Geologie der westlichen Schweizeralpen, S. 277, und v. Buch, Geognost. Beobb. auf Reisen u. s. w. I, S. 185.

betrachten sein würde, wenn er überhaupt als ein solches gelten kann, da er in vielen Fällen wohl eher aus der Zersetzung animalischer Körper abzuleiten ist, während in noch anderen Fällen seine Bildung auf eine von organischen Körpern ganz unabhängige Weise vor sich gegangen sein dürfte.

In Teutschland ist durch Steffens und Karsten, in England durch Macculloch*) der innere Zusammenhang nachgewiesen worden, welcher in den sämmtlichen Gliedern der Kohlenreihe, vom Anthracite bis zum Torfe, verschiedene Abstufungen eines und desselben Umbildungsprocesses erkennen lässt. In der That lässt sich aus dem vollkommenen Anthracite bis in das bituminöse Holz, sowohl in den physischen Eigenschaften, als auch in der chemischen Zusammensetzung, eine stetige Reihe von Uebergängen verfolgen, woraus sich ergiebt, dass wir es in allen diesen Körpern mit mehr oder weniger veränderten Pflanzenmassen zu thun haben, und dass der Zersetzungsprocess, welchem diese Pflanzenmassen unterworfen waren, wesentlich auf eine allmälige Entfernung des Sauerstoffes, Wasserstoffes und Stickstoffes, folglich auf eine Darstellung von reiner Kohle hinarbeitete, als welche denn auch die vollkommensten Varietäten des Anthracites (wie z. B. jene aus Rhode-Island in Nordamerika), nach Abzug der Beimengungen von Erden und Metalloxyden, zu betrachten sind.

E) **Genesis der Gesteine.**

§. 205. *Unterschied der hydrogenen und pyrogenen Gesteine.*

Indem wir uns jetzt schon zu einer vorläufigen und ganz allgemeinen**) Untersuchung über die wahrscheinliche Entstehungsweise der wichtigsten Gesteine wenden, müssen wir die Bemerkung vorausschicken, dass solches lediglich vom petrographischen Gesichtspuncte aus beabsichtigt wird, dass also dabei nur auf die mineralische Zusammensetzung der Gesteine und auf ihre gegenseitigen Uebergänge Rücksicht genommen werden soll, ohne auf die mancherlei Erscheinungen Rücksicht zu nehmen, welche uns in den anderweiten Verhältnissen der Gesteine, als eben so viele und z. Th. sehr entscheidende Beweise ihrer eigentlichen Entstehungsart gegeben sind.

Bei der Frage nach der Bildungsweise der Gesteine handelt es sich gar nicht um die ursprüngliche Genesis ihres Materials, sondern lediglich darum, auf welche Weise dieses Material in diejenigen For-

*) *Trans. of the Geol. Soc., vol. II, p.* 1 ff.

**) Die Synopsis der Gesteine ist nämlich, ungeachtet des sehr compressen Druckes, so umfänglich geworden, dass wir uns genöthigt sehen, die beiden Capitel über die Genesis und Allöosis der Gesteine möglichst zu beschränken, um den ersten Band dieses Werkes nicht zu einem ganz unbequemen Volumen anschwellen zu lassen.

men und Zustände übergegangen ist, in welchen dasselbe gegenwärtig erscheint. Das Material aller uns bekannten Gesteine ist ursprünglich auf irgend eine Weise aus dem Erdinnern geliefert worden, sei es im feurigflüssigen oder dampfförmigen Zustande, sei es im Zustande der wässerigen Solution. Allein bis auf diesen ersten Ursprung können wir nicht in allen Fällen zurückgehen, ohne uns in nutzlose Speculationen zu verlieren. Die nächste Aufgabe des Geologen ist es, den Nachweis darüber zu geben, wie jenes Material in seiner dermaligen Form an seine gegenwärtige Ablagerungsstelle gelangt ist. Wenn wir uns z. B. die Frage stellen, wie der Granit entstanden sei, so werden die chemischen Bestandtheile desselben, also die Kieselerde, die Thonerde, das Kali u. s. w. als gegeben vorausgesetzt, und die ganze Frage bezieht sich lediglich auf die Umstände und Bedingungen, unter welchen diese Bestandtheile zu denen den Granit constituirenden Mineralien krystallisirt und zusammengetreten sind.

Weil nun die klastischen Gesteine durch eine Anhäufung von Fragmenten präexistirender anderer Gesteine gebildet worden sind, so versteht es sich von selbst, dass bei ihnen die Frage nach ihrer Entstehungsweise ganz anders aufzufassen und zu beantworten sein wird, als bei den krystallinischen Gesteinen. Sie beschränkt sich wesentlich auf eine Angabe der Verhältnisse, unter welchen die Bildung und Anhäufung des Gesteinsschuttes, sowie die Verbindung desselben zu einem neuen regenerirten Gesteine Statt gefunden hat. Da nun diese Verhältnisse schon in dem einleitenden Paragraphen zu dem betreffenden Abschnitte der Synopsis der Gesteine (§. 192, S. 689) im Allgemeinen zur Sprache gebracht worden sind, so haben wir es auch an gegenwärtigem Orte vorzüglich nur mit der Entstehungsweise der krystallinischen Gesteine zu thun.

Der Act der Krystallisation setzt einen Zustand freier Beweglichkeit der kleinsten Theile voraus, welcher entweder ein tropfbarflüssiger (z. Th. auch ein zähflüssiger und nur erweichter) oder ein dampfförmiger Zustand sein kann. Nun ist es gar nicht unwahrscheinlich, dass gewisse untergeordnete Mineralmassen unmittelbar aus Dämpfen, auf dem Wege der Sublimation gebildet worden sind; so wie noch jetzt an den Wänden der vulcanischen Kratere und in den Spalten der erkaltenden Lavaströme dergleichen Bildungen Statt finden. Dagegen dürfte es sehr zu bezweifeln sein, dass irgend grössere Gesteinsablagerungen auf ähnliche Weise entstehen konnten. Wenn aber dieser Zweifel gegründet ist, so bleibt uns für die meisten krystallinischen Gesteine nur der tropfbarflüssige oder zähflüssige Zustand als derjenige übrig, aus welchem sie zur Krystallisation gelangt sein können.

Es sind uns aber im Bereiche der Natur nur zwei Mittel bekannt, durch welche grössere Quantitäten von festen Stoffen in den tropfbarflüssigen Zustand versetzt werden können; das eine dieser Mittel ist Auflösung im Wasser, das andere Schmelzung durch hohe Temperatur. Abstrahiren wir also von den wenigen und immer nur unbedeutenden Sublimationsproducten, so würden sich die meisten krystallinischen Gesteine entweder aus einer wässerigen Solution, oder aus einem feurigflüssigen Magma gebildet haben. Für diese beiden Entstehungsweisen liefern uns die noch vor unseren Augen fortgehenden Bildungen des Kalktuffes oder Travertins und der Lava ein paar sehr überzeugende Beispiele; und in der That werden wir wenigstens eine analoge Bildungsweise in dem einen oder andern Sinne für die Mehrzahl der krystallinischen Gesteine voraussetzen können, ohne den Weg einer naturgemässen Induction zu überschreiten.

Man pflegte sonst die, wesentlich durch die Mitwirkung des Wassers gebildeten Gesteine neptunische, die aus dem feurigflüssigen Zustande erstarrten Gesteine vulcanische zu nennen. Weil aber von diesen Benennungen die eine doch eigentlich nur auf marine und allenfalls noch auf limnische Bildungen anwendbar ist, während die andere die Vorstellung veranlassen kann, dass die betreffenden Gesteine allemal von einem wirklichen Vulcane ausgegangen sind, so scheint es zweckmässiger, die beiderlei Gesteine als hydrogene*) und pyrogene Bildungen zu bezeichnen. Ueberhaupt aber verstehen wir unter hydrogenen Bildungen diejenigen Gesteine, Mineralaggregate oder Mineralien, welche entweder aus einer wässerigen Solution herauskrystallisirt, oder aus einem gallertartigen, breiartigen, schlammartigen (überhaupt aus einem durch Wasser halbflüssigen) Zustande in den festen Zustand übergegangen sind; unter pyrogenen Bildungen dagegen solche Gesteine und Mineralaggregate, welche unmittelbar aus dem Zustande feuriger Flüssigkeit oder Erweichung in den Zustand der Erstarrung übergegangen sind. Diese Bestimmungen gelten nicht nur für die krystallinischen, sondern auch einerseits für die porodinen, und anderseits für die hyalinen Gesteine; ja, sogar gewisse klastische Gesteine, wie z. B. die Schlackenbreccien und die Trachytbreccien mit einem Cämente von krystallinischem Trachyt werden als pyrogene Bildungen zu betrachten sein.

*) Zwar ist das Wort Hydrogen als Substantivum schon lange in einer ganz anderen Bedeutung eingeführt; indessen lässt sich dasselbe als Adjectivum füglich zur Bezeichnung des in Rede stehenden Begriffes gebrauchen, da nicht leicht Verwechslungen zu befürchten sind.

§. 206. *Pyrogene Natur der Trachyte, Basalte und der hyalinen Gesteine.*

In der Classe der krystallinischen Silicatgesteine wollen wir zunächst den verschiedenen Laven unsere Aufmerksamkeit zuwenden. Die Laven erscheinen zwar an der Oberfläche der Lavaströme als schlackenartige, im Innern derselben aber als krystallinisch-körnige oder porphyrartige Gesteine, so dass sie in dieser Hinsicht den Porphyren, Grünsteinen und selbst gewissen Graniten durchaus nicht nachstehen. Ihre vorwaltenden Gemengtheile sind Labrador, Augit, Leucit und Magneteisenerz, zu welchen sich bisweilen Glimmer und Olivin gesellen; in den Trachytlaven spielt ausserdem noch der Sanidin eine sehr wichtige Rolle. Da nun alle diese Gesteine ganz unzweifelhaft bei vulcanischen Eruptionen im feurigflüssigen Zustande an die Erdoberfläche gelangt sind, so kann über ihre pyrogene Natur und über die Art und Weise ihrer Entstehung gar kein Zweifel obwalten. Hierbei ist es noch hervorzuheben, dass sie zwar insgesammt aus Silicaten bestehen, jedoch keine freie Kieselsäure in der Form von Quarzkrystallen enthalten.

Die Augitlaven stehen aber den Basalten so nahe, ja, viele Basalte sind so gewiss aus Krateren in förmlichen Strömen ausgeflossen, dass es ganz unmöglich ist, für die Basalte, ungeachtet ihres Wassergehaltes, eine andere Entstehungsweise geltend zu machen. Dann werden aber auch die mit den Basalten durch allmälige Uebergänge verknüpften Anamesite, Dolerite und Nephelindolerite nicht anders beurtheilt werden können; und wir erhalten sonach das Resultat, dass die sämmtlichen Gesteine der Basaltfamilie als pyrogene Bildungen zu betrachten sind; dass also auch Nephelin und Apatit, welcher letztere ein häufiger Bestandtheil des Nephelindolerites ist, aus einem feurigflüssigem Magma herauskrystallisirt sind*).

Die Bildung der Mandeln und Geoden in den Basaltmandelsteinen ist jedoch auf einem ganz anderen Wege und gewöhnlich erst nach der Erstarrung des Gesteins bewirkt worden, wobei Wasser, Druck und hohe Temperatur zugleich im Spiele gewesen zu sein scheinen. Die Blasenräume lieferten gewissermaassen nur die Gefässe, an deren Wänden durch einen langsam fortschreitenden Process der Infiltration oder Exsudation die Mandeln selbst zur Ausbildung gelangten. Das Material zu diesen Mandeln wurde aus dem Gesteine

*) Es ist in der That ganz unmöglich, die Apatitnadeln des Nephelindolerites als spätere Hineinbildungen zu betrachten; sie sind nach allen Richtungen dergestalt zwischen den übrigen Bestandtheilen eingeschlossen, dass sie nothwendig gleichzeitig mit ihnen gebildet worden sein müssen.

selbst geliefert; theils unmittelbar, durch Ausscheidung, indem dieselben Mineralien gar häufig durch die ganze Gesteinsmasse in der Form von Nestern, Trümern und Adern, oder in gleichmässiger Vertheilung zerstreut sind*); theils mittelbar, durch allmälige und partielle, vom eindringenden Wasser bewirkte Zersetzung gewisser Gemengtheile des Gesteins. Die Dichtigkeit der Gesteine ist kein unüberwindliches Hinderniss für das allmälige Eindringen des Wassers. Fournet sah bei Pontgibaud grosse Blöcke eines äusserst festen Basaltes, welche zum Theil unter Wasser gelegen hatten; wurden sie zerschlagen, so zeigten sie ihre Höhlungen mit Flüssigkeit erfüllt, aus welcher sich schon feine Mesotypnadeln gebildet hatten; die ausser dem Wasser gelegenen Blöcke liessen nichts der Art bemerken. Sartorius von Waltershausen fand am Aetna in einer Basaltschicht, über welche ein Bach herabstürzt, kleine Zeolithdrusen. Dass aber selbst bei der gewöhnlichen Temperatur Zeolithe als hydrogene Bildungen entstehen können, diess beweisen die Beobachtungen Forchhammers, welchem zufolge auf den Färöern in manchen Schluchten noch jetzt Conglomerate gebildet werden, deren Fragmente durch Zeolith verbunden sind; auch bemerkt Fournet, dass in der Auvergne Kalkabsätze von Mineralquellen vorkommen, welche mit Mesotypkrystallen gemengt sind. Interessant ist die Beobachtung Wöhlers, dass sich Apophyllit in heissem Wasser unter einem Drucke von 10 bis 12 Atmosphären vollständig auflöst, und beim Erkalten wieder aus der Flüssigkeit krystallisirt**). Eine äusserst interessante Thatsache, durch welche die Zeolithbildung auf dem Wege der Infiltration recht überzeugend bewiesen wird, beobachtete L. v. Buch an den Basalten von Isleta***). Andere beweisende Thatsachen berichtete Sartorius aus Island.

*) In dem Analcimit (S. 656) der Cyclopen-Inseln findet sich der Analcim sowohl in den Poren und Höhlungen, als auch derb und eingesprengt in der Masse selbst, von welcher er einen integrirenden Theil ausmacht, und zwar in solcher Menge und auf eine solche Weise, dass, wenn man ihn hinwegdenkt, gar nicht zu begreifen ist, wie manche Felsen stehen zu bleiben vermöchten. Breislak, Lehrbuch der Geognosie, III, 257, und *Fleuriau-de-Bellevue* im *Journal de phys.*, *t.* 60, 1805, *p.* 438.

**) *Fournet*, im *Traité de Géognosie par Burat*, *III*, 1835, *p.* 430; Sartorius v. Waltershausen, Skizze von Island, S. 89 ff. Vergl. auch über die Bildung der Mandeln, v. Leonhard, die Basaltgebilde, I, 221, und dessen Lehrbuch der Geognosie, 2. Aufl., S. 44.

***) Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 272. Manche der daselbst am Meeresufer anstehenden Säulengruppen haben nämlich eine ganz eigenthümliche Beschaffenheit. Die Mitte jeder Säule bildet ein schwarzer Kern, welchen ein grauer, weiss gesprenkelter Mantel bis zum Rande der Säule umgiebt. Untersucht man die Sache genauer, so sieht man, dass der Basalt mit kleinen länglichen Blasenräumen erfüllt ist, welche in der Mitte jeder Säule äussert wenig, gegen den Rand hin immer mehr Mesotyp enthalten. Am Rande selbst ist vom weissen Mesotyp fast mehr vorhanden, als von der schwarzen Basaltmasse, und dadurch verwandelt sich die schwarze Farbe des Gesteins in eine graue. Selbst die Zwischenräume der Säulen sind noch mit dichtem Mesotyp ausgefüllt; ein dünnes weisses Blättchen, welches

Die Trachytlaven schliessen sich so unmittelbar an die nicht in Strömen geflossenen Trachyte an, dass von diesen gewiss dasselbe gelten muss, wie von jenen. Es ist z. B. unmöglich, einen wirklichen specifischen Unterschied zwischen dem Trachyte der Solfatara oder des Monte Olibano, welche beide in Strömen geflossen sind, und manchen anderen Trachyten zu entdecken, welche in mächtigen Bergen aufragen; sie bestehen wesentlich aus denselben Gemengtheilen, zeigen eine ähnliche Structur, und keine Induction ist wohl, auch vom blos petrographischen Standpuncte aus, mehr gerechtfertigt, als die, dass die Trachyte überhaupt und alle mit ihnen zusammenhängenden Gesteine auf demselben Wege gebildet wurden, wie die eigentlichen Trachytlaven, dass sie also ebenfalls pyrogene Bildungen sind. In den Trachyten erscheinen aber, ausser Sanidin und Glimmer, auch noch Albit und Amphibol als ein paar sehr gewöhnliche Gemengtheile, und wir müssen es daher auch für diese Mineralien als erwiesen ansehen, dass sie von der Natur auf trocknem Wege, d. h. aus dem Zustande feuriger Flüssigkeit gebildet wurden.

Dass die natürlichen Gläser, zu welchen besonders Obsidian, Bimsstein, Perlit und Pechstein gehören, als pyrogene Gesteine zu betrachten sind, dürfte wohl nur von wenigen Naturforschern in Zweifel gezogen werden. Der Wassergehalt der beiden letzteren kann durchaus kein Bedenken erregen, weil ja selbst die feurigflüssigen Lavaströme Wasser enthalten, welches während ihrer Erstarrung allmälig in den Fumarolen verdampft*). Wenn also eine lavaähnliche Masse unter solchen Umständen erkaltet, durch welche die Entweichung der Wasserdämpfe verhindert wird, so können wir erwarten, dass sich innerhalb derselben wasserhaltige Silicate bilden müssen, oder dass die ganze Masse als ein wasserhaltiges Glas erstarrt, je nachdem die Abkühlung langsam oder rasch erfolgte. Für den einen Fall dürften die Basalte und Phonolithe, für den anderen die Pechsteine und Perlite als Beispiele zu betrachten sein.

In einigen Perliten und Trachyten und in sehr vielen Trachytporphyren ist aber auch Quarz als krystallinischer Gemengtheil vorhanden**); was den Beweis liefert, dass ein aus den Elementen verschiede-

die Säule umgiebt. Sehr häufig haben die Wellen die Köpfe der Säulen weggeführt; dann ist die Mesotypwand geblieben, und bildet nun eine ganz zart umgebene leere Zelle, in deren Grunde der Rest der Säule steckt.

*) Vergl. oben S. 172.

**) Vergl. oben S. 626 und 634.

ner Silicate bestehendes feurigflüssiges Magma unter gewissen Umständen während seiner Erstarrung die überschüssige Kieselerde in der Form von Quarzkrystallen ausscheiden konnte.

Bis hierher dürften selbst die Ultraneptunisten gegen die Richtigkeit unserer Induction nichts einzuwenden haben, obwohl wir die erst später zu erwähnenden Verhältnisse noch unbenutzt lassen müssen, durch welche die pyrogene und eruptive Natur der genannten Gesteine mit der grössten Evidenz dargethan wird. Es ist aber wichtig, schon hier auf ein Verhältniss aufmerksam zu machen, welches deshalb, weil wir es noch nicht zu erklären vermögen, zur Begründung von Zweifeln benutzt worden ist, auf welche man ein besonders grosses Gewicht gelegt hat. Es ist diess die Durcheinanderbildung verschiedener krystallinischer Mineralien von sehr verschiedenen Graden der Schmelzbarkeit.

Für die Wirklichkeit der gleichzeitigen Krystallisation solcher Mineralien, und zwar für die Wirklichkeit ihrer Krystallisation aus dem feurigflüssigen Zustande liefern uns nun aber schon viele Laven sehr schlagende Beweise. Olivin, ein vor dem Löthrohre ganz unschmelzbares Mineral, findet sich in den basaltischen Laven und Basalten neben dem leicht schmelzbaren Augit und dem noch leichter schmelzbaren Labrador. Noch überraschender sind die Erscheinungen, welche die Leucitlaven darbieten. Der Leucit ist ein vor dem Löthrohre gänzlich unschmelzbares, der Augit dagegen ein ziemlich leicht schmelzbares Mineral; und dennoch finden wir in den Leucitlaven diese beiden Mineralien als Gemengtheile auf das Innigste mit und durch einander verwachsen, gerade so, wie den Quarz und den Feldspath im Granite. Breislak, welcher sich mit einer sehr genauen Untersuchung der Leucitlava von Borghetto beschäftigte, hebt es ausdrücklich hervor, dass oft ein kleiner Augitkrystall mitten in einem Leucitkrystalle steckt, ja, dass zuweilen eine Augitsäule von einem Leucitkrystalle dergestalt umschlossen wird, dass sie mit beiden Enden aus ihm herausragt*). Er schliesst aus dieser merkwürdigen Thatsache, dass die Bildung des Leucites unstreitig später erfolgt sein müsse, als die des Augites, oder mit andern Worten, dass in dem Leucitophyr das leicht schmelzbare Mineral früher erstarrte, als das unschmelzbare Mineral. Wir erinnern hier an das oft hervorgehobene Gesetz, dass der Schmelzpunct und der Erstarrungspunct eines und desselben Körpers sehr verschiedenen Temperaturen entsprechen kann, und dass also die Ausdrücke schwer schmelzbar und leicht erstarrbar durchaus nicht als gleichbedeutend genommen werden dürfen**). Ein und derselbe Körper kann sehr schwer schmelzbar sein, und dennoch im geschmolzenen Zustande verharren bei Temperaturen, welche tief unter der Temperatur seines Schmelzpunctes liegen.

*) Lehrbuch der Geognosie, III, S. 288 und 293.

**) *Fournet, Comptes rendus, t.* 18, 1844, *p.* 1057; Petzholdt, Geologie, 1845, S. 314 f.

§. 207. *Pyrogene Natur der Melaphyre, Porphyre, Grünsteine, Granite und des Gabbro.*

Im vorhergehenden Paragraphen haben wir gesehen, dass, wenn die Gesteine der Lavafamilie (wie wohl Niemand bezweifelt) als pyrogene Bildungen gelten müssen, dann auch die Gesteine der Basalt- und Trachytfamilie, schon ihrer mineralischen Natur zufolge, als pyrogene Bildungen zu betrachten sind.

Nun vergleiche man die Melaphyre mit den Basalten, die Felsitporphyre mit den Trachytporphyren, und man wird eine wahrhaft erstaunliche Aehnlichkeit finden; eine Aehnlichkeit, welche es oft ganz unmöglich macht, die beiderlei Gesteine in Handstücken von einander zu unterscheiden. Im Melaphyr haben wir nach Bergemann und Delesse wesentlich dieselben mineralischen Bestandtheile anzuerkennen, wie im Dolerite, Anamesite und Basalte; er zeigt ganz ähnliche Mandelsteinbildungen wie diese; er ist ein massiges, oft säulenförmig abgesondertes, ein völlig fossilfreies Gestein, wie der Basalt. Alle diese Uebereinstimmungen lassen uns schon hier, auf dem Standpuncte der Petrographie, die Ansicht vollkommen gerechtfertigt erscheinen, dass die Melaphyre, eben so wie die Basalte, den pyrogenen Bildungen beigezählt werden müssen.

In den Felsitporphyren tritt zwar statt des Sanidins der gewöhnliche Orthoklas auf; allein, wie geringfügig ist doch der Unterschied zwischen diesen beiden Mineralien; zumal wenn man bedenkt, dass wahrscheinlich auch die meisten Orthoklase neben dem Kali etwas Natron enthalten. Die übrigen Gemengtheile aber, den Albit, Oligoklas, Glimmer und Quarz haben die Felsitporphyre theils mit den Trachytporphyren, theils mit den Andesiten gemein; während der Labrador gewisse quarzfreie Porphyre in sehr nahe Verwandtschaft mit den Melaphyren bringt, denen sie auch oft bis zur Verwechslung ähnlich werden. Der unbefangene Forscher wird daher gewiss keinen Anstand nehmen können, die Felsitporphyre für ganz analoge Bildungen zu erklären, wie die Trachytporphyre, mit welchen sie auch noch in so vielen anderen Eigenschaften übereinstimmen.

In Betreff des Orthoklases, welcher in den weiterhin zu erwähnenden Gesteinen eine so wichtige Rolle spielt, glauben wir noch Folgendes bemerken zu müssen. Bekanntlich ist es bis jetzt nur auf pyrochemischem Wege geglückt, krystallisirten Orthoklas vor unseren Augen entstehen zu sehen. Hausmann machte schon im Jahre 1810 auf die Bildung solcher Feldspathkrystalle in den Mansfelder Kupferhohöfen aufmerksam*). Im Jahre 1834 fand Heine ähnliche

*) Norddeutsche Beiträge zur Berg- und Hüttenkunde, IV, 1810, S. 85.

Krystalle in den Kupferhohöfen von Sangerhausen*). In dem ersten Bande seines vortrefflichen Handbuches der Mineralogie, S. 631, theilt Hausmann die interessante Nachricht mit, dass sein Sohn zu Josephshütte, bei Stolberg am Harze, auch in einem ausgeblasenen Eisenhohofen kleine, dem Adular vom St. Gotthardt ganz ähnliche Orthoklaskrystalle entdeckt hat. Endlich bringt Prechtl in den Sitzungsberichten der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Heft II, 1848, S. 231) eine, schon im Jahre 1811 auf der Spiegelglasfabrik zu Neuhaus beobachtete Thatsache in Erinnerung, wo sich in einer grossen, langsam erkalteten Glasmasse vollkommen scharfkantige Feldspathkrystalle, bis zur Grösse eines Cubikzolls, gebildet hatten. Wenn alle diese Erscheinungen für die pyrogene Entstehung des Feldspathes sprechen, so dürfen wir es auf der anderen Seite nicht vergessen, dass nach Breithaupt auf gewissen (jedenfalls hydrogenen) Erzgängen bei Marienberg ein orthoklastischer Feldspath vorkommt**). Es scheint daher, dass die Natur auf beiden Wegen Feldspath produciren kann, obwohl sie sich weit häufiger des pyrogenen Weges bedient haben dürfte.

Prüfen wir nun noch einige andere Gesteinsfamilien aus der Classe der krystallinischen Silicatgesteine, so gelangen wir auf ganz ähnliche Resultate. Die Diabase bestehen wesentlich aus Oligoklas oder Labrador und Pyroxen, die Diorite aus Albit, Hornblende und Quarz, beide also aus lauter solchen Mineralien, welche wir bereits in den Familien der Lava, des Basaltes und Trachytes als wesentliche Bestandtheile auftreten sahen. Vom mineralogischen und chemischen Standpuncte aus ist daher gegen die Vermuthung nichts einzuwenden, dass sie auch auf ähnliche Weise gebildet worden seien. Rechnen wir nun hierzu, dass alle diese Grünsteine stets völlig fossilfrei, in der Regel massig, und mit ganz ähnlichen Structuren und Gesteinsformen versehen sind, wie die

*) Poggend. Ann. Bd. 34, S. 531, und Neues Jahrb. für Min. 1835, S. 31 und 342, auch 1836, S. 47 und 76.

**) Auch sein Vorkommen auf einigen anderen Erzlagerstätten, insbesondere aber die von Scacchi beobachteten Pseudomorphosen von Rhyakolith nach Leucit, und die von Haidinger erkannten krystallinischen Feldspathbildungen nach Laumontit, Prehnit und Analcim (Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie, Heft III, S. 96), die Feldspathkrystalle in den Drusen eines Sandsteins bei Oberwiesa in Sachsen (Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen, Heft II, S. 391), die von Studer beobachteten Feldspathkrystalle in den Drusen der Schiefergesteine von Glarus (Neues Jahrb. 1840, S. 352) beweisen wohl die Möglichkeit der Bildung von Feldspath aus wässerigen Solutionen. Die krystallinische Beschaffenheit mancher Felsittuffe aber, und die merkwürdigen Porphyre der Lennegegenden (S. 620) machen es wahrscheinlich, dass sich auch aus Feldspathschlamm krystallinischer Feldspath herausbilden kann, wie diess G. Bischof annimmt. (Lehrbuch der chem. u. phys. Geol. II, S. 324 und 331.)

Basalte und Laven, so dürfte wohl jene Vermuthung in aller Hinsicht gerechtfertigt erscheinen.

Die Gesteine der Gabbrofamilie stehen den Diabasen und Doleriten so nahe, sie tragen in der Gesammtheit ihrer Eigenschaften so entschieden den Charakter von pyrogenen Gebilden, dass sie wohl unbedingt in den Kreis derselben gezogen werden müssen*).

Die Gesteine der Granitfamilie endlich, in welchen wir Orthoklas, Oligoklas, Albit, Nephelin, Quarz, Kaliglimmer, Magnesiaglimmer und Hornblende als die hauptsächlichen Elemente anzuerkennen haben, schliessen sich nicht nur nach diesen ihren mineralischen Bestandtheilen, sondern auch nach ihren meisten übrigen Verhältnissen so innig an gewisse Gesteine der Trachyt- und Porphyrfamilie an, dass wir wenigstens keinen nothwendigen Grund aufzufinden vermögen, für sie in allen Fällen eine ganz andere Bildungsweise geltend zu machen.

Es sind jedoch zwei Umstände, durch welche sich gewisse Gesteine der Granitfamilie ziemlich auffallend von allen bisher betrachteten Gesteinen unterscheiden, welche daher einigen Zweifel veranlassen könnten, und auch zu Einwendungen benutzt worden sind; die reichliche Anwesenheit des Quarzes, und das häufige Vorkommen von Parallelstructur und Schichtung. Im Granite, Granulite und Gneisse ist der Quarz oft ein recht vorwaltender Bestandtheil, und in allen dreien tritt er unter solchen Verhältnissen auf, dass man ihn eher für das zuletzt, als für das zuerst erstarrte Mineral halten muss, während er doch äusserst strengflüssig und im gewöhnlichen Feuer geradezu unschmelzbar ist. Die Analogie, welche uns die Leucitlaven bieten, kommt uns hierbei wenigstens insofern zu Hilfe, als sie beweist, dass ein ganz ähnliches Verhältniss auch bei einem unzweifelhaft pyrogenen Gesteine angetroffen wird, wo es Niemand in Abrede stellen kann, dass der Leucit, als das strengflüssigste Mineral wirklich das zuletzt erstarrte sei. Die noch weit grössere Strengflüssigkeit des Quarzes kann wohl keinen erheblichen Einwand begründen.

Die Versuche von Gaudin haben gelehrt, dass die geschmolzene Kieselerde vor dem Erstarren zähflüssig wird, und sich wie Siegellack in Fäden ausziehen lässt. Diess beweist, dass ihre Erstarrungs-Temperatur sehr tief unter ihrer Schmelz-Temperatur liegen muss, daher denn auch die Erscheinung von

*) Man kann in der That behaupten, dass der Hypersthenit und Gabbro, die Melaphyre und die Dolerite nur verschiedentlich modificirte Repetitionen einer und derselben Bildung, petrographische Varietäten eines und desselben materiellen Substrates sind.

Fournet zu seiner Theorie der *surfusion* oder Ueberschmelzung der Kieselerde benutzt worden ist, deren Grundidee von Petzholdt mit allem Rechte verfochten wird*). Auch hat Durocher darauf hingewiesen, dass es gar nicht der (vielleicht 2800° C. betragenden) Schmelztemperatur der Kieselerde bedarf, um sich die Krystallisation des Granites zu erklären; denn die Kieselerde des Quarzes bildete ja, vereint mit den Elementen des Feldspathes und Glimmers, ein völlig homogenes feurigflüssiges Magma, zu dessen Verflüssigung eine, der Schmelzhitze des Orthoklases nahe kommende Temperatur ausreichend gewesen sein mag. Während nun der Feldspath und der Glimmer krystallisirten, wurde die überschüssige Kieselerde stellenweise als Quarz ausgeschieden**). Die merkwürdige Verknüpfung welche der Quarz und der Feldspath im sogenannten Schriftgranit zeigen, beweist eine fast gleichzeitige Erstarrung beider Mineralien, und dürfte kaum anders zu erklären sein. Dafür aber, dass ein sehr strengflüssiger Körper aus einem feurigflüssigem Magma von weit niedrigerer Temperatur herauskrystallisiren kann, liefert uns das Roheisen ein recht überzeugendes Beispiel, in welchem der Kohlenstoff als Graphit in grossen krystallinischen Blättern ausgeschieden wird, zwischen welchen sich das Roheisen herausschmelzen lässt***). Nach diesem Allen glauben wir daher nicht, dass aus dem Auftreten des Quarzes irgend ein erhebliches Bedenken gegen die pyrogene Bildung des Granites und der übrigen Gesteine der Granitfamilie entlehnt werden kann. Endlich hat Scheerer noch einen Ausweg gezeigt, auf welchem vielleicht die letzte Schwierigkeit gegen die pyrogene Entstehung des Granites gehoben werden kann. So wie nämlich Angelot die Anwesenheit von Wasser unter den Bestandtheilen des feurigflüssigen Erdinnern überhaupt annehmen zu müssen glaubte (S. 167), so stellte Scheerer die Ansicht auf, dass das feurigflüssige Magma des Granites ein oder ein paar Procent Wasser enthalten habe, und durch diesen Wassergehalt bei einer weit geringeren Temperatur flüssig erhalten werden konnte, als ein wasserfreies Magma. Es würde dadurch der geringe Wassergehalt mancher Gemengtheile des Granites, wie z. B. des Glimmers und Turmalins, es würde dadurch die Möglichkeit des Vorkommens von pyrognomischen Mineralien (d. h. von solchen Mineralien, welche, wie der Gadolinit und Orthit, schon bei beginnender Glühhitze verglimmen, ohne doch eine wesentliche chemische Veränderung zu erleiden), es würde dadurch endlich auch der ursprünglich plastische Zustand des Granites, ohne Voraussetzung sehr excessiver Hitzegrade, einigermaassen zu erklären sein. Elie de Beaumont hat sich neuerdings für diese Ansicht ausgesprochen (*Bull. de la soc. géol.*, 2. *sér. IV, p.* 1340), welche wesentlich auf eine, durch Mitwirkung des Wassers, als eines Flussmittels, unterstützte feurige Verflüssigung des Granites hinausläuft, in dem unläugbaren Wassergehalte der feurigflüssigen Lava einen sicheren Stützpunct zu finden scheint, und gewiss die

*) *Fournet, Comptes rendus, t.* 18, 1844, *p.* 1050 f. und Petzholdt, Geologie, S. 313 f.

**) *Durocher, Comptes rendus, t.* 20, 1845, *p.* 1275 f. und noch ausführlicher im *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. t.* 4, 1847, *p.* 1019 f.

***) *Fournet*, im *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. t.* 4, *p.* 247.

grösste Aufmerksamkeit verdient, obgleich nicht zu läugnen ist, dass auch sie noch manche räthselhafte und schwierige Seiten darbietet. Durocher hat in dem Bulletin der geologischen Gesellschaft (a. a. O. p. 1019 f.) einige beachtenswerthe Einwendungen gegen Scheerers geniale Theorie geltend gemacht, welche übrigens an die Ansicht von Menard-de-la-Groye erinnert, der, freilich in sehr unklarer Weise, das Wasser als ein Flussmittel der Lava bei verhältnissmässig niedriger Temperatur in Anspruch nahm (S. 167).

Dass aber die Parallelstructur und die damit verbundene Schichtung des Granulites und Gneisses eben so wenig einen entscheidenden Gegengrund liefern kann, diess folgt schon daraus, weil sich dieselben beiden Erscheinungen auch bei manchen Laven und Trachyten in gleich ausgezeichneter Weise vorfinden, und weil sich selbst *a priori* gar nicht begreifen lässt, warum nicht auch eine aus dem feurigflüssigen Zustande erstarrende Masse unter gewissen Umständen Parallelstructur und Schichtung in sich zur Entwickelung bringen sollte.

Obgleich wir daher keinesweges allen Gneiss für eine pyrogene Bildung halten, so liegt doch wenigstens in der mineralischen Zusammensetzung und in der Structur des Gesteins kein Grund vor, gewissen Gneissen eine solche Entstehungsweise abzusprechen. Die zahllosen Uebergänge aus Gneiss in Granit, das so oft beobachtete Ueberspringen der Massivstructur des letzteren in die Parallelstructur des ersteren, diess sind Erscheinungen, welche uns in vielen Fällen nöthigen, dem Gneisse dieselbe Bildungsweise zuzuschreiben wie dem Granite*). Bei der Betrachtung des Gneisses als Gebirgsformation werden wir diesen Gegenstand nochmals von einem anderen Gesichtspuncte aus besprechen, während er hier nur vom petrographischen Standpuncte aus in Erwägung kommen konnte.

*) Man hat auch gemeint, in den verschiedenen specifischen Gewichten der Gemengtheile des Granites einen Grund zu finden, um die jetzt herrschende Ansicht über seine Entstehungsweise *ad absurdum* zu führen. Während aber Nep. Fuchs (in der Voraussetzung, der Quarz sei das zuerst krystallisirte Mineral) die Unmöglichkeit einer pyrogenen Bildung des Granites daraus zu erweisen glaubt, dass dann die zuerst gebildeten Quarzkrystalle abwärts sinken mussten, so dachte sich Parrot, dass solche aufwärts gestiegen und zu besonderen Schichten zusammengetreten sein müssten. Man darf jedoch solche feurigflüssige Massen nicht wie wässrige Solutionen beurtheilen. In den Leucitlaven sind der Leucit, dessen Gewicht nur 2,48 beträgt, und der Augit, vom Gewichte 3,28, keinesweges nach ihren specifischen Gewichten gesondert, sondern ganz gleichmässig durch einander gemengt, völlig so, wie es der Feldspath und Quarz im Granite sind.

§. 208. *Silicatgesteine von zweifelhafter Entstehung.*

Während sich noch für gewisse Gneisse eine pyrogene Entstehung mit allem Rechte geltend machen lässt, so treten andere Gneisse unter so eigenthümlichen Verhältnissen zwischen mancherlei Gesteinen von räthselhafter Natur auf, dass man Bedenken tragen muss, sie schon jetzt, und vor Beibringung entscheidender Beweise, für pyrogene Gebilde zu erklären. Lassen sie sich daher nicht als metamorphische Gesteine interpretiren, was wohl in manchen Fällen gestattet ist, so bleibt uns einstweilen nichts Anderes übrig, als sie für Gesteine von zweifelhafter Entstehung oder für kryptogene Gesteine anzusprechen. Es ist nämlich unläugbar, dass wir uns über die eigentliche Genesis vieler Gesteine noch in völliger Ungewissheit befinden, und es dürfte zweckmässiger sein, in solchen Fällen das Geständniss unserer Unwissenheit abzulegen, als durch vorzeitige Hypothesen die Mangelhaftigkeit unserer Kenntnisse zu verhüllen. Und so mag es uns denn erlaubt sein, gewisse Gesteine als kryptogene Bildungen aufzuführen. (Lyell's *hypogene rocks.*)

Zu ihnen gehören vor allen der Glimmerschiefer, sofern er nicht metamorphisch ist**), und überhaupt diejenigen Gesteine, welche oben in der Familie des Glimmerschiefers aufgeführt worden sind. Es ist in der That mit eigenthümlichen Schwierigkeiten verbunden, sich eine bestimmte Ansicht über die Entstehung des Glimmerschiefers zu bilden. Während einerseits seine häufigen Uebergänge in Gneiss zu der Vermuthung berechtigen, dass wenigstens mancher Glimmerschiefer eine pyrogene Bildung sei, so scheint der in vielen Glimmerschiefern so vorwaltende Quarzgehalt diese Vermuthung zurückzuweisen. Denn allerdings will es uns etwas gewagt bedünken, für ein so quarzreiches, für ein so häufig in mächtige Quarz-Ablagerungen übergehendes Gestein eine pyrogene Entstehungsweise anzunehmen, weil die Voraussetzung so grosser Massen von feurigflüssiger Kieselerde durch gar keine Analogie in dem Gebiete der unzweifelhaft pyrogenen Gesteine unterstützt wird. Auf der anderen Seite haben wir aber eben so wenig entscheidende Beweise dafür, dass die Natur irgendwo den Glimmer, diesen zweiten Hauptbestandtheil des Glimmerschiefers, oder den Granat, einen so gewöhnlichen accessorischen Bestandtheil desselben, als ein hydrogenes Gebilde in unzweifelhaft sedimentären Gebirgsschichten

*) Die metamorphischen Glimmerschiefer haben doch gewöhnlich einen eigenthümlichen Habitus, durch welchen sie sich von den kryptogenen Glimmerschiefern ziemlich auffallend unterscheiden.

hervorgebracht hat. Denn die Glimmerschuppen der Sandsteine und Schieferthone sind gewiss nicht für an Ort und Stelle gebildete Glimmer-Individuen, sondern für zugeschwemmte Glimmer-Fragmente zu halten*). Wollen wir also nicht den Knoten zerhauen, indem wir, ohne uns auf genügende Analogieen berufen zu können, entweder die Quarzite für pyrogene, oder den Glimmer und Granat für hydrogene Bildungen erklären, so bleibt uns gar nichts Anderes übrig, als die Mehrzahl der Glimmerschiefer einstweilen noch für kryptogene Gesteine zu erklären.

Es ist möglich, dass bei der Bildung der meisten Glimmerschiefer Wasser und hohe Temperatur zugleich im Spiele waren, und es ist eben so gut möglich, dass gewisse Glimmerschiefer als pyrogene Gebilde erkannt werden dürften. So lange aber der eigentliche Hergang bei ihrer Bildung noch nicht hinreichend aufgeklärt ist, scheint es wirklich gerathener, auf eine bestimmte Ansicht Verzicht zu leisten. Dagegen werden wir im nächsten Capitel sehen, dass es manche Glimmerschiefer giebt, welche mit allem Rechte für metamorphische Bildungen zu erklären sind.

Der Thonschiefer ist ein zwischen feinschuppigem Glimmerschiefer und glimmerreichem Grauwackenschiefer mitten inne stehendes Gestein; er nähert sich bald dem einen, bald dem andern Extreme, und dürfte in seinen krystallinischen Varietäten vielleicht als das chemisch-

*) Alte Schlacken von der Kupfer-Robarbeit zu Garpenberg in Schweden sind reich an pyrogen gebildetem Glimmer, wie Mitscherlich gezeigt hat (Abhandl. der K. Akad. der Wissensch. zu Berlin aus den Jahren 1822 und 1823, S. 36); und Hausmann berichtet, dass in Eisenhohöfen der Thonsandstein des Kernschachtgemäuers zuweilen in eine graue glimmerähnliche Substanz umgewandelt erscheint. Für die mögliche hydrogene Bildung des Glimmers spricht indessen das Vorkommen desselben auf einigen Schneeberger Erzgängen. Auch hat Forchhammer die Ansicht aufgestellt, dass der weisse Glimmer, welcher so häufig in den Sandsteinen der Bornholmer Kohlenformation vorkommt, ursprünglich und an Ort und Stelle auf nassem Wege gebildet worden sei (*Danmarks geognostiske Forhold*, 1835, S. 36). Wenn diess der Fall wäre, so müssten die isolirten Glimmerschuppen als vollständige Krystalle erscheinen; die Thatsache aber, dass in dem Granite und Gneisse der Insel Bornholm kein weisser Glimmer gefunden wird, dürfte nicht als hinreichender Beweis für jene Ansicht zu betrachten sein. Weit wichtiger in dieser Hinsicht sind die Erscheinungen der Pseudomorphosen nach Cordierit, welche G. Bischof hervorhebt (Lehrb. der chem. u. phys. Geol. II, 371 ff.). Was den Granat betrifft, so beruht die Angabe, dass Mitscherlich denselben künstlich aus seinen Elementen durch Schmelzung dargestellt habe, auf einem Irrthum. Dagegen führt Bischof (a. a. O. S. 457 f.) mehre Vorkommnisse desselben an, welche für seine Bildung auf nassem Wege sprechen sollen, und sucht überhaupt zu beweisen, dass eine pyrogene Bildung desselben unmöglich sei.

krystallinische Umbildungsproduct eines sehr reinen und homogenen Zersetzungsschlammes, in seinen mehr pelitischen Varietäten höchst wahrscheinlich als das Product der allmäligen Verfestung eines dergleichen mit Sand und Glimmerschuppen gemengten Schlammes zu betrachten sein. Jedenfalls aber schwebt über dem Wesen des krystallinischen Thonschiefers noch ein solches Dunkel, dass wir ihn vor der Hand noch zu den kryptogenen Gesteinen rechnen möchten.

Der Chloritschiefer und der Talkschiefer sind beide ein paar wasserhaltige Gesteine*); dieser Umstand, verbunden mit ihrer ausgezeichneten Parallelstructur und Schichtung, liesse vermuthen, dass sie hydrogene Gesteine sind. Dazu kommt, dass der Chlorit sehr häufig auf Erzgängen und in den Blasenräumen der Mandelsteine, und eben so der dichte Talk oder Speckstein unter solchen Umständen getroffen wird, welche nur eine hydrogene Bildung voraussetzen lassen. Daher scheint es, dass beide Schiefer als solche Gesteine betrachtet werden müssen, welche unter ganz unbekannten Umständen (vielleicht unter hoher Temperatur und starkem Drucke) aus dem Wasser abgesetzt wurden. Weil uns aber keine Analogieen geboten sind, welche der Induction ein sicheres Anhalten zu gewähren vermöchten, so glauben wir der künftigen Forschung am wenigsten vorzugreifen, wenn wir auch den Chloritschiefer und Talkschiefer einstweilen als kryptogene Gesteine bezeichnen.

Der Serpentin ist unstreitig eines der räthselhaftesten Gesteine; sein bis 13 Procent betragender Wassergehalt scheint ihn in die Abtheilung der hydrogenen Gebilde zu verweisen, während seine übrigen Verhältnisse, namentlich der Mangel an Parallelstructur und Schichtung, und gewisse später zu erwähnende Lagerungsformen, sehr erhebliche Bedenken gegen eine solche Stellung hervorrufen müssen. Auch sind uns in den Perliten und Pechsteinen, und in den reichlichen Wasser-Exhalationen der Lavaströme genügende Analogieen zur Erklärung seines Wassergehaltes geboten. Desungeachtet aber erscheint der Serpentin als eine Felsart von so ganz eigenthümlicher Beschaffenheit, und unter mancherlei einander so widersprechenden Verhältnissen, dass es schwer ist, für ihn eine in allen Fällen unbedingt zulässige Entstehungsweise geltend zu machen. Viele Geologen sind daher geneigt, ihn ganz allgemein für eine metamorphische Bildung zu erklären.

Die Amphibolite, und namentlich die in regelmässigen Schichten auftretenden Hornblendschiefer tragen gleichfalls einen so

*) Nach den Untersuchungen von Delesse hält der Talk bis 5 Procent Wasser.

zweifelhaften Charakter zur Schau, dass man sich noch nicht mit völliger Bestimmtheit über ihre eigentliche Bildungsweise aussprechen kann*).

Auch die Quarzite bieten in vielen Fällen eigenthümliche Schwierigkeiten dar. Zwar kann es gar keinem Zweifel unterliegen, dass der Quarz, dieses in der Zusammensetzung der Erdkruste so äusserst wichtige Mineral, gar häufig und in sehr bedeutenden Massen als ein hydrogenes Product zu betrachten ist. Wir erinnern nur an die krystallinischen Quarzpsammite, welche ganze Schichten und mächtige Schichtensysteme bilden, und an die zahllosen Gänge, Trümer, Nester und Drusen von Quarz, welche in so vielen Gesteinen auftreten**). Wenn es also auch der chemischen Kunst bis jetzt nur sehr selten gelungen ist, die Kieselerde aus ihrer wässerigen Auflösung in krystallinischer Form darzustellen, so muss diess der Natur von jeher im grössten Maassstabe möglich gewesen sein.

Auf der andern Seite sind wir genöthigt, für die krystallinischen Quarzkörner, welche zwar nur selten im Perlite und Trachyte, desto häufiger aber in den Porphyren und Graniten enthalten sind, eine pyrogene Entstehung anzunehmen. Nun wurde zwar schon vorher bemerkt, dass es sehr gewagt sein würde, dieselbe Entstehung für die Quarzite geltend machen zu wollen. Desungeachtet werden wir auch hier in ein Dilemma gedrängt, aus welchem wir bei dem gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse keinen ganz befriedigenden Ausweg finden. Denn die mit Glimmer, Feldspath oder Hornblende gemengten Quarzite, und alle jene mächtigen Qnarzitzonen, welche mit gewissen Gneissen, mit Glimmerschiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer und krystallinischem Thonschiefer auf das Innigste verbunden sind, müssen uns in ihrem Wesem fast eben so räthselhaft erscheinen, wie diese sie begleitenden oder umschliessenden Gesteine.

Fast alle Gesteine, welche in diesem Paragraphen einstweilen noch als kryptogene Bildungen eingeführt worden sind, werden von der Mehrzahl der jetzigen Geologen für metamorphische Bildungen erklärt. Damit scheint nun allerdings über ihr Wesen etwas Bestimmteres ausgesagt zu werden, als durch das von uns gewählte Prädicat, welches eine bestimmte

*) Für die Möglichkeit der Bildung von Hornblende auf hydrochemischem Wege spricht vielleicht die interessante Beobachtung von Daubrée, welcher bei Rothau, in einem mit Petrefacten erfüllten Gesteine (freilich an der Gränze eines trappartigen Gesteins) Amphibol und Epidot fand. *Comptes rendus*, *t.* 18, 1844, S. 870.

**) Was den Phthanit oder Kieselschiefer betrifft, so kann an seiner hydrogenen Bildung gar nicht gezweifelt werden. Es scheint fast, dass er ursprünglich in Schichten von amorpher (porodiner) Kieselerde abgesetzt worden ist.

Kenntniss ihrer Entstehungsweise in Zweifel stellt. In den meisten Fällen ist jedoch der Ausdruck „metamorphisch" völlig gleichbedeutend mit kryptogen. Denn sobald wir von einem angeblich metamorphischen Gesteine gar nicht nachzuweisen vermögen, was es vor seiner Metamorphose gewesen, wie es in seinen neuen Zustand übergegangen, und wodurch seine Umwandlung herbeigeführt worden ist, so stehen wir doch eigentlich in der Kenntniss seiner Bildungsweise an demselben Puncte, welchen der von uns gewählte Ausdruck bezeichnen soll; d. h. wir stehen an der Gränze unseres Wissens. Durch das blose Wort „metamorphisch" wird noch kein Zipfel des Schleiers gelüftet, welcher uns die Entstehungsweise solcher Gesteine verhüllt. Ganz anders verhält es sich mit denjenigen metamorphischen Gesteinen, bei welchen das ursprüngliche Gestein, dessen allmälige Uebergänge in das Extrem der Umwandlung, und die metamorphosirende Ursache klar vor Augen liegen.

§. 209. *Entstehungsweise der krystallinischen Haloidgesteine.*

Gewisse Kalksteine, nämlich die sehr krystallinischen, weissen, an Silicaten und anderen accessorischen Bestandtheilen reichen Kalksteine, welche zugleich stets von pyrogenen krystallinischen Silicatgesteinen umschlossen oder doch wenigstens einseitig begränzt werden, dürften wohl so, wie sie uns gegenwärtig vorliegen, als (metamorphische) pyrogene Gebilde zu betrachten sein, indem ihre letzte Verfestung und Krystallisirung aus dem feurig-erweichten Zustande Statt gefunden hat*). Auch scheint das so reichliche Vorkommen des Kalkspathes im Kalkdiabas (S. 597) und in den Melaphyrmandelsteinen, sowie die häufige Anwesenheit des kohlensauren Kalkes in der Grundmasse der Melaphyre, Dolerite und Basalte dafür zu sprechen, dass eine unmittelbare pyrogene Entstehungsweise mancher körnigen Kalkstein-Ablagerungen wohl keineswegs zu den Unmöglichkeiten zu rechnen ist; wie bedenklich auch eine solche Annahme vom chemischen Standpuncte aus erscheinen mag.

*) Im Jahre 1795 sprach Hutton zuerst den Gedanken aus, dass sich Kalkstein unter starkem Drucke schmelzen lassen werde, ohne seine Kohlensäure zu verlieren. James Hall unterwarf später diesen Gedanken einer Prüfung auf dem Wege des Experimentes, indem er Kreide, pulverisirten Kalkspath und Muschelschalen unter einem Drucke vieler Atmosphären zum Schmelzen brachte und wiederum erstarren liess, wodurch er weisse, durchscheinende, krystallinische, dem Marmor ähnliche Massen erhielt. Bucholz brachte sogar Kreidepulver zum Schmelzen, das nur fest in einen Tiegel eingestampft war, und Cassola schmolz dichten Kalkstein vor dem Knallluftgebläse zu körnigem Kalkstein um. Durch alle diese Versuche ist es also erwiesen, dass dichter Kalkstein unter einem angemessenen Drucke geschmolzen werden, und bei seiner Abkühlung zu körnigem Kalksteine umkrystallisiren kann.

Bei den glimmerreichen körnigen Kalksteinen und bei dem Kalkglimmerschiefer stossen wir wegen des Glimmers auf dieselbe Schwierigkeit, wie bei dem gewöhnlichen Glimmerschiefer; der Kalkglimmerschiefer ist daher ein, seiner Bildungsweise nach zweifelhaftes Gestein.

Dagegen unterliegt es wohl nicht dem geringsten Zweifel, dass alle übrigen Kalksteine theils unmittelbar als hydrogene, theils als zoogene (und daher mittelbar gleichfalls als hydrogene) Bildungen zu betrachten sind.

Für die fossilhaltigen Kalksteine, zumal aber für diejenigen, welche als blose Aggregate von Korallen oder Conchylien erscheinen, bedarf diess gar keines Beweises; obgleich nicht geläugnet werden kann, dass der, ursprünglich durch organische Processe angehäufte kohlensaure Kalk später eine Umkrystallisirung zu Kalkspath erfahren haben muss, weil die Conchylien und Korallen grösstentheils aus Aragonit bestehen.

Diese aragonitähnliche Natur ist für die Conchylien durch die Untersuchungen von Necker und De-la-Beche, für die Korallen durch die Beobachtungen von Dana höchst wahrscheinlich gemacht worden, indem sowohl die Härte als auch das specifische Gewicht (unter Berücksichtigung der beigemengten gelatinosen und membranosen Theile) weit eher auf Aragonit, als auf Kalkspath schliessen lässt*). Nach Dana ist die Härte der Korallen sogar etwas grösser, als die des Aragonites, ihr mittleres specifisches Gewicht aber nur 2,523; was erklärlich ist, wenn man bedenkt, dass sie 2,7 bis 8,3 Procent organische Materie enthalten**).

Aber auch die fossilarmen und fossilfreien, in mächtigen Schichten und Schichtensystemen auftretenden feinkörnigen bis dichten Kalksteine lassen sich nur als hydrogene Bildungen betrachten, deren Material theils durch kalkhaltige Quellen, theils durch die Flüsse geliefert worden ist,

*) Neues Jahrb. für Min. 1841, S. 139, und *The Amer. Journal of sc.*, 2. *ser.*, *I*, 1846, *p*. 189.

**) Dagegen ist das sp. Gewicht der Conchylien nach De-la-Beche 2,7 — 2,8. Indessen scheint auch bisweilen Kalkspath vorzukommen, wie denn Bournon auf der Bruchfläche eines grossen Strombus, und Leopold v. Buch in Austerschalen die rhomboëdrische Spaltbarkeit erkannt hat, daher der Letztere vermuthete, dass die Conchylien überhaupt aus Kalkspath-Individuen bestehen. (Abhandlungen der Berliner Akademie, 1828, S. 48.) Diess erklärt sich vielleicht durch die Beobachtungen von Marcel-de-Serres und Figuier, welchen zufolge auch jetzt noch Muschelschalen, wenn sie längere Zeit im Meerwasser submergirt liegen, eine Petrificirung, d. h. eine Umwandlung in ein Aggregat von Kalkspath-Individuen erleiden; an den Küsten von Algier finden sie sich zuweilen in krystallinisch-körnigen, weissen, glänzenden Kalkstein verwandelt. *Ann. des sc. nat.* 1847, Janv. p. 21 ff.

deren Wasser, eben so wie das Meerwasser, stets etwas kohlensauren Kalk aufgelöst enthält.

Dass der Dolomit gleichfalls sehr häufig ein hydrogenes, unmittelbar aus einer wässerigen Solution gebildetes Gestein sei, dafür spricht schon das Vorkommen der dolomitischen Mergel und der regelmässig geschichteten fossilhaltigen Dolomite*). Indessen giebt es andere Dolomite, welche als metamorphische Bildungen zu betrachten sind. Wer übrigens an die Möglichkeit eines ursprünglich pyrogenen Kalksteins glaubt, der wird auch keinen Anstand nehmen können, dieselbe Bildungsweise für gewisse Dolomite in Anspruch zu nehmen.

Vom Eisenspathe gilt wohl dasselbe, wie von der Mehrzahl der Kalksteine, obgleich das reichliche Vorkommen dieses Minerals in den Doleriten, Basalten und Melaphyren die Möglichkeit einer pyrogenen Bildung grösserer Eisenspathmassen vielleicht nicht gänzlich bezweifeln lässt.

Der Anhydrit lässt sich gewiss nur für ein hydrogenes Gebilde erklären, da sich für die Ansicht, dass er ein pyrogenes Erzeugniss sei, kaum hinreichende Beweise auffinden lassen dürften. Auch hat es G. Bischof wahrscheinlich gemacht, dass schwefelsaurer Kalk, wenn er aus einer wässerigen Solution unter starkem Drucke zur Krystallisation gelangt, als Anhydrit krystallisiren dürfte**).

Der Gyps ist in sehr vielen Fällen aus Anhydrit entstanden (S. 679), in zahllosen anderen Fällen aber unmittelbar aus einer wässerigen Auflösung herauskrystallisirt. Die bisweilen ausgesprochene Idee, dass sogar der Gyps als solcher eine pyrogene Bildung sei, hat wohl niemals Anklang gefunden. Dagegen ist es gewiss, dass vieler Gyps durch Zersetzung von Schwefelwasserstoff bei Anwesenheit von Kalkerde gebildet wurde, indem dabei Schwefelsäure entstand, welche mit der Kalkerde in Verbindung trat, die entweder durch Kalkstein oder durch kalkhaltige Silicate (z. B. Labrador) geliefert werden konnte***).

Das Steinsalz, so wie es uns in den verschiedenen salzführenden Gebirgsformationen vorliegt, kann wohl nur für eine hydrogene Bildung,

*) Schon oben, S. 678 Anm., wurde der von Leube analysirte limnische Dolomit von Dächingen erwähnt. Nach den Analysen von Girardin ist auch der Travertin, welchen die Quelle von Saint-Alyre bei Clermont noch gegenwärtig absetzt, ein dolomitischer Kalkstein. Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 62.

**) Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie, I, S. 538 f.

***) Bischof a. a. O. II, S. 165 ff. und Schweigger's Neues Jahrbuch, Bd. VI, 1832, S. 144 f.

für einen Absatz aus dem Wasser erklärt werden, wie verführerisch auch manche seiner Verhältnisse erscheinen mögen, um uns zu der Annahme einer pyrogenen Bildungsweise zu bestimmen. Unläugbar ist es allerdings, dass Chlornatrium gar häufig als Sublimationsproduct der Vulcane und Laven gebildet wird, und unbestreitbar bleibt es, dass alles Kochsalz, so wie das Material aller Gesteine, ursprünglich in dem feurigflüssigen Chaos unseres Planeten enthalten gewesen sein muss; allein die Stöcke und Lager von Steinsalz, welche in den marinen Sedimentformationen, und ausschliesslich in ihnen angetroffen werden, sind gewiss, ihrer letzten Entstehungsweise nach, auf nassem Wege gebildet worden. Auf welche Weise das Salz ursprünglich in das Meer gelangt sei, das ist freilich eine ganz andere Frage, deren Beantwortung in das dunkle Gebiet der Protogäa gehört.

Der Baryt, welcher grossentheils nur auf Erzgängen, oder auch in der Form von accessorischen Bestandmassen und Bestandtheilen in sedimentären Gebirgsschichten, sehr selten aber in grösseren selbständigen Ablagerungen vorkommt, kann in allen diesen Fällen lediglich als ein hydrogenes Gebilde betrachtet werden. Dasselbe gilt auch vom Flussspathe in der grossen Mehrzahl seiner Vorkommnisse.

Die aus hundertfach über einander liegenden, ganz dünnen, oft nierförmig gebogenen Lagen von Baryt bestehenden Gänge der Gegend von Freiberg erinnern so vollkommen an die Bildungen des Travertins und Sprudelsteins, dass man bei ihrer Betrachtung unwillkürlich an Absätze aus dem Wasser erinnert wird. Es ist ganz unmöglich, hier an ein ursprünglich feurigflüssiges Material zu denken. Auch hat Bischof gezeigt, wie im Wasser aufgelöste kohlensaure Barya, wenn sie mit schwefelsauren Alkalien in Berührung kommt, die Bildung von Baryt zu erklären vermag. (Lehrb. der chem. und phys. Geologie, I, S. 624.)

F) Allöosologie der Gesteine.

§. 210. *Zersetzung und Umbildung der Gesteine; Metamorphismus.*

Unter dem Titel Allöosologie*) der Gesteine begreifen wir die wissenschaftliche Darstellung aller der Veränderungen, welche die Gesteine,

*) Nach ἀλλοίωσις, Veränderung, da das Wort Metamorphose in einer specielleren Bedeutung gebraucht wird. Die Allöosologie der Gesteine beruht natürlich auf der Allöosologie der Mineralien überhaupt, und umfasst ein so wichtiges, ausgedehntes und reiches Feld der Forschung, dass sie den Gegenstand eines besonderen Werkes bilden könnte. Sehr viele hierher gehörige Betrachtungen grün-

seit ihrer ersten Ablagerung als festes Material, durch nicht blos mechanisch wirkende Ursachen erlitten haben und noch fortwährend erleiden. Diese Veränderungen sind entweder nur oberflächliche, oder tiefer eingreifende; ja, sie können zuweilen so durchgreifend Statt gefunden haben, dass eine Gesteins-Ablagerung in ihrer ganzen Ausdehnung davon ergriffen worden ist. Sie betreffen gewöhnlich nur die Substanz und die Structur, selten auch die innere Gestaltung der Gesteine, und geben sich daher überhaupt theils als hylologische, theils als histologische, theils als morphologische Veränderungen zu erkennen.

Wichtiger scheint es jedoch, bei diesen Veränderungen auf die Ursachen derselben zu reflectiren. Jede Veränderung eines Gesteins setzt nämlich gewisse Ursachen voraus, durch welche sie wesentlich hervorgebracht wurde. Sind wir nun auch nicht immer im Stande, über die eigentliche Wirkungsart dieser Ursachen etwas Zuverlässiges auszusagen, so giebt sich uns doch in vielen Fällen die Ursache selbst so bestimmt zu erkennen, dass wenigstens darüber kein Zweifel obwalten kann, dass die Veränderung von ihr wirklich ausgegangen sein müsse. In allen solchen Fällen werden wir also berechtigt sein, die Ursache als sicher erkannt hinzustellen, während uns vielleicht über die Modalität ihrer Wirksamkeit nur mehr oder weniger wahrscheinliche Vermuthungen zu Gebote stehen, deren Bestätigung oder Widerlegung der ferneren Forschung überlassen bleiben muss.

Die Veränderungen der Gesteine bestehen aber theils in Zersetzungen oder Dialysen, theils in Umbildungen oder Metamorphosen derselben.

Die Zersetzungen sind Veränderungen zerstörender Art, und geben sich dadurch zu erkennen, dass das Gestein einen Wechsel seiner Farbe, einen Verlust seines Glanzes, eine Verminderung seiner Cohäsion, und eine mehr oder weniger weit fortgeschrittene chemische Verwesung aller oder gewisser seiner Bestandtheile erlitten hat. Die

den sich auf die Lehre von den Pseudomorphosen der Mineralien, und in dieser Hinsicht ist die Allöosologie des Mineralreiches durch die trefflichen Werke von Landgrebe und Blum, und durch die schönen Abhandlungen von Haidinger und anderen Mineralogen schon ausserordentlich gefördert worden. Die vom chemischen Standpuncte aus erfasste Behandlung des Gegenstandes, wie solche von G. Bischof in seinem bewundernswerthen Lehrbuche der chemischen und physikalischen Geologie durchgeführt werden wird, dürfte die Lehre von den Pseudomorphosen ihrer Vollendung um ein Bedeutendes näher rücken. Der Raum unsers Lehrbuchs gestattet uns freilich nur, einige der wichtigsten Thatsachen aus dem Gebiete der Allöosologie der Gesteine zur Erwähnung zu bringen.

Producte dieser Verwesung sind zwar bisweilen solche Substanzen, welche wiederum als besondere Mineralspecies aufgeführt zu werden pflegen; allein es sind jedenfalls amorphe oder pelitische Substanzen, welche sich in allen ihren Eigenschaften als das *caput mortuum* eines Statt gefundenen Zersetzungsprocesses beurkunden. Der ganze Habitus des Gesteins verkündet es, dass sich dasselbe im zersetzten, und nicht mehr im frischen Zustande befindet (S. 442).

Als die hauptsächlichen Ursachen der Zersetzungen sind einerseits die Atmosphärilien und das Wasser in seinen verschiedenen Aggregatzuständen, anderseits die vulcanischen Exhalationen in der weitesten Bedeutung des Wortes zu betrachten.

Die Umbildungen der Gesteine sind solche Veränderungen, welche, wenn sie auch bisweilen mit partiellen Zersetzungen verbunden waren, doch zuletzt mit einer neuen und oft krystallinischen Mineralbildung endigen, so dass das umgebildete Gestein selbst, als solches, einen ganz frischen und unzersetzten, ja, oft einen weit krystallinischeren Habitus besitzt, als sein Archetypus, obgleich es wiederum seinerseits späteren Zersetzungen unterworfen gewesen sein kann.

Man hat wohl bisweilen alle diese Veränderungen unter dem Ausdrucke Metamorphismus in der weitesten Bedeutung zusammengefasst*); indessen pflegt man doch dieses Wort gewöhnlich in der engeren Bedeutung zu gebrauchen, dass man darunter die eigentlichen Umbildungen der Gesteine versteht, und die durch die Einwirkung der Atmosphärilien, der Gewässer und der vulcanischen Exhalationen verursachten mehr oberflächlichen Zersetzungen derselben aus dem Umfange des Begriffes Metamorphismus ausschliesst.

In das Gebiet des Metamorphismus fallen nun aber, auch bei dieser sehr richtigen Beschränkung seines Begriffes, so viele und so verschiedene Umbildungen der Gesteine, dass es der Uebersicht wegen nothwendig erscheint, einige Eintheilungen derselben geltend zu machen. Wir unterscheiden daher zuvörderst den normalen oder allgemeinen, und den abnormen oder localen Metamorphismus. Normaler Metamorphismus ist die durch eine ganz allgemein wirkende Ursache hervorgebrachte Umbildung eines Gesteins, welche dasselbe in seiner ganzen Ausdehnung

*) Studer, Lehrbuch der physik. Geogr. II, S. 116. Durocher z. B. giebt in seiner Abhandlung über den Metamorphismus eine sehr weite Definition dieses Begriffs, wenn er sagt, dass er darunter verstehe: *l'ensemble des effets de transformation, de modification de nature ou de texture, qu'ont éprouvés les roches. Bull. de la soc. géol. 2. sér., t. III,* 1846, *p.* 546.

betroffen hat, und einer gesetzmässigen und nothwendigen Phase in der allmäligen Entwickelung des Gesteins entspricht. Abnormer Metamorphismus ist die durch ausserordentliche Ursachen hervorgebrachte Umbildung eines Gesteins, welche dasselbe nur an gewissen Stellen seines Gebietes betroffen hat, ohne ein nothwendiges Stadium seiner Entwicklung zu bezeichnen (S. 441).

Der normale Metamorphismus ist eine so allgemein vorkommende Erscheinung, das er oft gar nicht beachtet worden ist. Können wir auch nicht mit Haidinger so weit gehen, ein jedes krystallinische Gestein blos deshalb für ein metamorphisches zu erklären, weil es einstmals nicht das war, was es jetzt ist*), so müssen wir doch für manche weit verbreitete, krystallinische wie klastische Gesteine gewisse Umbildungen zugestehen, welche sie in ihrer ganzen Ausdehnung betroffen haben, und daher als die Wirkungen eines normalen Metamorphismus zu betrachten sind. Die aus Conchylien und Korallen bestehenden zoogenen Kalksteine, und die meisten übrigen Kalksteine, welche ursprünglich als ein feiner Kalkschlamm deponirt worden sind, während sie sich gegenwärtig als mikrokrystallinische Aggregate von Kalkspath erweisen, haben eine durchgreifende innere Umkrystallisirung erfahren, welche in der That als eine normale Metamorphose zu betrachten ist. Die meisten Sandsteine und Conglomerate wurden ursprünglich als loser Sand und lose Geröllmassen abgesetzt, und sind erst später durch ein, zwischen ihren klastischen Elementen eingedrungenes krystallinisches Cäment zu festen Gesteinen umgebildet worden. Alle Thonschiefer, Mergel und Mergelschiefer, die Felsittuffe, Grünsteintuffe u. s. w. waren ursprünglich

*) Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie, Heft II, 1848, S. 118. Dem Begriffe metamorphisch eine solche Ausdehnung zu geben, wie mein verehrter Freund geneigt ist, diess scheint mir allerdings nicht rathsam zu sein. Diejenigen krystallinischen Gesteine, welche sich noch jetzt der Hauptsache nach in demselben Zustande befinden, welchen sie bei ihrer ursprünglichen Erstarrung angenommen haben, waren freilich vor dieser Erstarrung entweder feurigflüssiges Material, oder befanden sich im Zustande einer wässerigen Solution. Sie sind aber eben dadurch erst Gesteine geworden, dass ihre Stoffe aus diesem Zustande der ursprünglichen Flüssigkeit heraustraten. Wollen wir den Begriff der Metamorphose bis in die Zustände der primitiven Fluidität verfolgen, so verliert er an Bedeutung und Brauchbarkeit. Das feurigflüssige Magma eines Basaltes ist noch kein Basalt, und der im Wasser aufgelöste schwefelsaure Kalk ist noch kein Anhydrit oder Gyps. Nach unserm Dafürhalten fordert der Begriff des Metamorphismus, das dasjenige Material, für welches er geltend gemacht werden soll, schon als ein wirkliches Gestein existirte, und dass seine erste Bildungsform als der Ausgangspunct betrachtet wird, von welchem aus seine Umbildungen zu verfolgen sind.

schlammartige Sedimente, welche im Laufe der Zeit durch ganz langsame Umbildungsprocesse zu denjenigen Eigenschaften gelangt sind, mit welchen sie uns gegenwärtig vorliegen. Der Anthracit und die Steinkohle waren ursprünglich stark comprimirte Pflanzenmassen, welche durch einen, während Myriaden von Jahren still und langsam vor sich gehenden Umbildungsprocess in ihren gegenwärtigen Zustand versetzt worden sind. Und so giebt es noch manche andere Gesteine, welche als Belege für die Wirksamkeit eines normalen Metamorphismus angeführt werden könnten.

Die Wirkungen dieses Metamorphismus sind jedoch von der Art, dass sie gewissermaassen als nothwendige Vorgänge in der Entwickelungsgeschichte der betreffenden Gesteine betrachtet werden müssen, indem diese eigentlich erst durch das Einschreiten jener Wirkungen das geworden sind, als was sie erscheinen. Daher werden denn auch gewöhnlich viele dieser Wirkungen gar nicht mit in den Bereich derjenigen Umbildungen gezogen, welche man unter Metamorphismus im engeren Sinne zu verstehen pflegt.

Viele Geologen sind der Ansicht, dass auch diejenigen Gesteine, welche in §. 208 provisorisch als kryptogene Bildungen bezeichnet wurden, und namentlich dass der Glimmerschiefer, der Talkschiefer, der Chloritschiefer, der Hornblendschiefer und der mit ihnen verbundene Gneiss, überhaupt dass die schiefrigen krystallinischen Silicatgesteine durch einen langsam wirkenden inneren Umbildungsprocess aus anderen, und zwar theils psammitischen, theils pelitischen sedimentären Gesteinen entstanden sind. Diese Ansicht kann vielleicht in beschränktem Maasse richtig sein, ist aber in solcher Allgemeinheit durchaus nicht für erwiesen zu halten. Sie wurde zuerst von Hutton und Playfair ausgesprochen, ist später besonders von Boué, und in neuerer Zeit von Lyell und von Studer geltend gemacht worden*), welcher letztere jedoch zur Erklärung jenes Umbildungsprocesses nicht sowohl die Wirkung der Erdwärme, als vielmehr eine durch unbekannte Ursachen herbeigeführte innere Molecularthätigkeit in Anspruch nimmt. Diese auch von Keilhau in sehr allgemeiner Weise vorausgesetzte Modalität des Metamorphismus ist es, welche von v. Morlot neuerdings als latenter Metamorphismus bezeichnet wurde**), zur Unterscheidung vom Contact-Metamorphismus, dessen Ursache in angränzenden anderen Gesteinen nachzuweisen ist.

*) Boué im *Journal de Physique*, 1822 (*Mémoire géologique sur l'Allemagne*); Studer, in Leonhard's Zeitschrift für Min. 1827, im Neuen Jahrb. für Min. 1840, S. 352, und im Lehrb. der phys. Geogr. II, S. 150 f. Auch Boubée nimmt eine *metamorphose moleculaire*, *électrique ou chimique* an, welcher er weit grössere Wichtigkeit beilegt, als der Metamorphose durch Hitze. *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér.*, *I*, 1844, *p*. 460.

**) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwiss., Bd. I, 1847, S. 39.

Es ist allerdings eine Ursache denkbar, durch welche der normale Metamorphismus zu sehr bedeutenden Wirkungen gelangen konnte, und wohl auch wirklich in vielen Fällen gelangt ist; als solche Ursache lässt sich das unter gewissen Umständen nothwendige Heraufrücken der höheren Temperaturen des Erdinnern bezeichnen. Babbage hat nämlich aufmerksam darauf gemacht, dass die chthonisothermen Flächen der äusseren Erdkruste (S. 59) eine, von der wechselnden Beschaffenheit der Erdoberfläche abhängige Lage haben müssen, und dass, wenn Meere oder Landseen im Laufe der Zeiten durch Sedimentschichten ausgefüllt und trocken gelegt werden, dann nothwendig ein Heraufsteigen der isothermen Flächen in ein höheres Niveau eintreten muss. Dieselbe Idee ist von John Herschel, Lyell und Virlet weiter entwickelt und zur Erklärung der kryptogenen Gesteine benutzt worden*). Auch lässt es sich gar nicht bezweifeln, dass wenn auf irgend einem Theile der Erdoberfläche sehr mächtige Schichtensysteme abgesetzt werden, eine Temperatur-Erhöhung der ursprünglichen Oberflächen-Schichten herbeigeführt werden muss. Die allmälige Ausfüllung eines 10000 Fuss tiefen Meeresbassins wird die Temperatur seines anfänglichen Grundes beiläufig um 100° C. erhöhen, was zugleich für alle tieferen Schichten gilt, und doppelt so viel betragen würde, wenn wir ein 20000 Fuss tiefes Bassin voraussetzen. Dass aber eine, Jahrtausende hindurch fortwährende Erwärmung um 100 oder 200° bedeutende substantielle Veränderungen hervorrufen kann, ist wohl einleuchtend. Wie sich dadurch Steinkohlenflötze in Anthracitflötze verwandeln müssen, so werden auch Thonschiefer, Sandstein, Kalkstein mehr oder weniger auffallende Umbildungen erleiden, und wenn irgend eine Idee geeignet ist, die Ansicht zu unterstützen, dass die kryptogenen Gesteine nur als metamorphische Sedimentschichten zu betrachten sind, so ist es diese Idee der durch immer höhere Bedeckung gesteigerten Temperatur. Auch begreift man, dass diese Umwandlungen in das Gebiet des normalen Metamorphismus zu ziehen sein würden, da sie die betreffenden Schichten in ihrer ganzen Ausdehnung ergriffen haben werden.

Der abnorme oder locale Metamorphismus dagegen ist es, welcher sich durch die sehr auffallenden und auf bestimmte Regionen beschränkten Veränderungen, durch die allmäligen Uebergänge aus den unveränderten in die veränderten Gesteine, und durch die meist nachweisliche Ursache (wenn auch nicht immer nachweisliche Wirkungsart) der Metamorphose als eine nicht latente, sondern als eine sehr evidente Erscheinung zu erkennen giebt; weshalb denn auch seine Wirkungen die Aufmerksamkeit der Geologen weit mehr in Anspruch genommen haben, als jene des normalen Metamorphismus.

*) *Babbage* in seiner Abhandlung über den Serapistempel im *Quarterly Journal of the geol. soc. III, p.* 207 ff.; derselbe Aufsatz war schon 1834 verfasst und veröffentlicht worden. Vergl. darüber sowie über Herschel's Ansichten, Neues Jahrb. für Min. 1835, S. 539 und 1838 S. 98; *Virlet, Bull. de la soc. géol. VIII, p.* 306.

Indem wir uns mit ihm weiter unten noch ausführlicher beschäftigen werden, glauben wir vorläufig seine wichtigsten Modalitäten nach denen dabei zu Grunde liegenden Ursachen folgendermaassen unterscheiden zu können:

a) Metamorphismus durch gewöhnliche Verbrennungsprocesse; dahin gehört besonders die durch Kohlenbrände bewirkte Veränderung der Thone und Schieferthone.

b) Metamorphismus durch vulcanische Gase und Dämpfe; z. B. Umwandlung von Kalkstein in Gyps durch Exhalationen von Schwefelwasserstoffgas.

c) Metamorphismus durch den Contact pyrogener Gesteine. Frittung, Verkokung, Umschmelzung, Umkrystallisirung.

d) Metamorphismus durch Imprägnation mit Wasser und mit wässerigen Solutionen; Gypsbildung, Dolomitbildung, Verkieselung.

Die Lehre vom Metamorphismus der Felsarten hat in neuerer Zeit einen ausserordentlichen Aufschwung genommen, und innerhalb ihrer gehörigen Gränzen zu äusserst wichtigen Folgerungen und Resultaten geführt, während sie in ihren Uebertreibungen die wahren Fortschritte der Wissenschaft im höchsten Grade gefährdet.

Man hat auch versucht, die Vorgänge des Metamorphismus nach den verschiedenen Richtungen zu unterscheiden, in welchen sie Statt gefunden haben. So unterscheidet Haidinger einen anogenen und katogenen Metamorphismus, von welchen der erstere mehr oxydirend, in elektronegativem Sinne und gegen die Erdoberfläche, der andere mehr reducirend, in elektropositivem Sinne und gegen die Tiefe zu gewirkt haben soll. Cotta unterschied im Jahre 1846 die an der Gränze pyrogener Gesteine auftretende Contact-Metamorphose als everse und inverse Metamorphose, von welchen jene durch die Einwirkung des pyrogenen Gesteins auf das angränzende Gestein, diese dagegen durch die Rückwirkung des letzteren auf die Masse des ersteren hervorgebracht worden ist. Ein Jahr später hat v. Morlot diese letztere Reaction gleichfalls inverse Metamorphose genannt, Fournet aber den von Cotta hervorgehobenen Unterschied durch die beiden Worte Exomorphose und Endomorphose ausgedrückt, in welchen freilich das wichtige Wörtchen *μετὰ* verloren gegangen ist*).

Indessen scheint es uns, dass die Modification seiner petrographischen Beschaffenheit, welche ein pyrogenes Gestein im Contacte mit einem anderen, früher vorhandenen Gesteine erfahren hat, nicht füglich unter den Begriff des Metamorphismus subsumirt werden kann. Denn diese Modification trat ja sogleich bei der ersten Bildung des pyrogenen Gesteins ein; sie ist nur

*) Cotta, Grundriss der Geognosie und Geologie, 1846, S. 103; Morlot, Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwiss. Bd. I, 1847, S. 39, und *Fournet*, im *Bull. de la soc. géol. 2. sér. IV*, 1847, *p.* 243

das Resultat einer, durch den Contact des Nebengesteins veranlassten Störung desselben Erstarrungs- und Krystallisationsprocesses, durch welchen das pyrogene Gestein selbst erst entstanden ist. Als Metamorphismus könnte sie nur dann gelten, wenn sie das Gestein erst später, nach seiner ersten Bildung betroffen hätte, was doch in der Regel nicht anzunehmen ist. Jedes Gestein muss schon als Gestein vorausgesetzt werden, ehe von seiner Metamorphose gesprochen werden kann. Die Contact-Metamorphose kann nur ein präexistirendes, nicht aber ein eben erst entstehendes Gestein betreffen*).

1. Zersetzungen der Gesteine.

§. 211. *Wirkungen der Verwitterung.*

Durch die zwar nur sehr langsam aber ununterbrochen vor sich gehenden, von Wärme und Temperaturwechseln unterstützten Einwirkungen der Atmosphärilien, bei welchen besonders der Sauerstoff, die Kohlensäure und das Wasser thätig sind, erleiden viele Gesteine mehr oder weniger auffallende Veränderungen, welche im Allgemeinen den Charakter von Zersetzungen an sich tragen**). Sie geben sich zunächst an der Oberfläche des Gesteins zu erkennen, greifen aber auch tiefer ein, werden auf Klüften und Fugen, deren Wände gleichsam innere Oberflächen darbieten, oft weit einwärts fortgeleitet, und erscheinen in ihren ersten Stadien als eine blose Verfärbung oder Bleichung des Gesteins, welche häufig nur ein paar Linien, nicht selten mehre Zoll, ja zuweilen viele Fuss tief eingedrungen ist.

So werden dunkelgraue und schwarze, durch Kohlenstoff und Bitumen gefärbte Gesteine im Laufe der Zeiten an der Oberfläche hellgrau und weiss; es kommt diess bei schwarzen Kalksteinen, Kieselschiefern und Thonschiefern sehr häufig vor, und beruht jedenfalls darauf, dass der Kohlenstoff allmälig als Kohlensäure entfernt wird. Manche gelblichweisse und hellgelbe Kalksteine erhalten allmälig eine rothe Oberfläche, was in einer noch nicht genügend erklärten Entwässerung des in ihnen befindlichen Eisenoxydhydrates begründet zu sein scheint. Manche grüne Porphyre nehmen eine lichtröthlichbraune Farbe an, ohne ausserdem einen auffallenden Zustand der Zersetzung zu verrathen; was darin seinen Grund hat, dass das Eisenoxydul gewisser ihrer Bestandtheile in Eisenoxydhydrat umgewandelt worden ist. Auf dieselbe Weise erklärt sich das Braunwerden der Diabase und der Grünsteine aller Art.

*) Vergl. auch die Anmerkung S. 752.

**) Eine recht vollständige und gut geordnete Zusammenstellung der, die Verwitterung der Mineralien betreffenden Erscheinungen gab Suckow in seiner Schrift: Die Verwitterung im Mineralreiche, 1848.

Ueberhaupt ist diese Bräunung und Röthung, von der Oberfläche und von allen Klüften herein, eine bei sehr vielen krystallinischen Silicatgesteinen und bei anderen, mit kohlensaurem Eisenoxydul gemengten Gesteinen recht häufig vorkommende Erscheinung, welche noch dann besonders gesteigert wird, wenn solchen Gesteinen Eisenkies, Granaten und andere, der Zersetzung leicht unterliegende eisenhaltige Mineralen eingesprengt sind (Gneiss, Glimmerschiefer, Granulit). Der blaulichgraue Fucoidensandstein und viele ähnliche Mergel sind nicht selten von allen Klüften herein mehr oder weniger tief gelb oder braun gefärbt. Die Röthung vieler feldspathigen Gesteine wird durch das Rothwerden des Feldspathes bedingt. Schon Guettard und Réaumur bemerkten, dass der Feldspath sehr häufig im ersten Stadio seiner Verwitterung eine rosenrothe Farbe und einen schwach salzigen Geschmack erlangt, welcher letztere weiterhin wiederum verschwindet. Diess ist auch später von Brard, und die Röthung noch neuerdings von Delesse an den Feldspathkrystallen des Porphyrs von Belfahy in den Vogesen bestätigt worden*).

Die Phonolithe und Basalte bedecken sich oft mit einer weissen oder grauen Verwitterungskruste, deren Bildung besonders durch die leichtere Zersetzung der in ihrer Grundmasse enthaltenen wasserhaltigen Silicate eingeleitet und begünstigt zu werden scheint. Andere Basalte werden dunkelbraun, wovon die Ursache theils in einer Zersetzung des augitischen Bestandtheils, theils in der Umwandlung des in ihnen enthaltenen kohlensauren Eisenoxyduls zu Eisenoxydhydrat zu suchen ist.

Noch ist hier die oberflächliche, im concentrisch-undulirten oder wurmartig gekrümmten Linien hervortretende Structur (*desagrégation vermiculaire*) zu erwähnen, welche nicht nur manche Gesteine, sondern selbst der Kalkmörtel der Gebäude durch die Verwitterung annehmen. Man kennt diese Erscheinung z. B. an dem Grobkalke von Paris, an dem Kreidekalkstein von Rouen und Caen, und an der Oberfläche berappter Mauern (Eugène Robert u. A. im *Bull. de la soc. géol. 2. sér. II, p.* 123). An der, über der Gallerie der Leipziger Sternwarte aufragenden, und also 120 Fuss über der Erdoberfläche befindlichen Mauer des Thurmes der Pleissenburg ist diese *destruction vermiculaire* sehr schön, jedoch nur auf der West- und Nordwestseite, zu beobachten, daher wohl die Ansicht von Bontemps und Melleville sehr gegründet ist, dass sie durch die Wirkung von Wind und Regen verursacht wird, weil auch nach ihren Beobachtungen die Gebäude besonders auf der Seite der herrschenden Winde damit behaftet sind.

Diese Einwirkung der Atmosphärilien ist auch in manchen Fällen mit der Bildung von auflöslichen Salzen, in sehr vielen Fällen aber mit der Bildung und Ablagerung von Metalloxyden verbunden, von welchen die ersteren als haarförmige Efflorescenzen oder als mehliger Beschlag auf der verwitterten Oberfläche des Gesteins hervortreten, während die Metalloxyde auf den Klüften und Fugen desselben, entweder als Ueberzug und Anflug, oder in der Form von zierlich gebildeten Dendriten auftreten.

*) *Mém. sur la constitution min. et chim. des roches des Vosges, p.* 23.

Auf die erstere Weise erscheinen besonders Bittersalz, Alaun, Eisenvitriol und Salpeter; Bittersalz z. B. auf der verwitterten Oberfläche des Freiberger Gneisses, Alaun und Eisenvitriol im Alaunschiefer, Salpeter an den Kreidefelsen von La-Roche-Guyou und Mousseau im Depart. der Seine und Oise *). Von Metalloxyden sind es aber vorzüglich Eisenoxydhydrat und Eisenoxyd, Psilomelan und Pyrolusit, welche ockrige, bisweilen auch dichte und glänzende Ueberzüge von gelber, brauner, rother und schwarzer Farbe, oder Dendriten von ähnlicher Beschaffenheit bilden. Diese Dendriten kommen namentlich auf den Klüften der Porphyre, Phonolithe und mancher dichten Kalksteine in ausgezeichneter Schönheit vor, können sich aber natürlich in Gesteinen der verschiedensten Art ausbilden.

Andere Wirkungen der Zersetzung geben sich durch eine Auflockerung des Gesteins und durch ein endliches Zerfallen desselben zu einer grusigen Masse zu erkennen; eine Erscheinung, welche besonders bei vielen Graniten, Syeniten und Felsitporphyren in einer sehr auffallenden Weise vorkommt, indem solche nicht selten von der Oberfläche herein viele Fuss tief zu einem grobkörnigen scharfen Gruse oder zu feinerem Sande aufgelöst sind **). Dieser Zersetzungsprocess ist es auch, welcher hauptsächlich das Material zur Bildung der Arkose, oder feldspathreichen Sandsteine (S. 702) geliefert hat.

Er geht unterhalb der Oberfläche besonders von den Klüften aus, welche diese Gesteine nach allen Richtungen zu durchsetzen, und in grosse unregelmässige Polyëder abzusondern pflegen. Die einzelnen Polyëder erleiden dabei eine schalige Exfoliation, welche anfangs ihren Begränzungsflächen parallel Statt findet, allmälig aber an den Kanten eine Abrundung gewinnt, die weiter einwärts immer auffallender wird, so dass zuletzt das ganze Gestein zu einem Haufwerke von rundlichen Blöcken aufgelöst erscheint, deren jeder von einem concentrischen Systeme krummflächiger Grusschalen umgeben wird. Die inneren, noch wenig zersetzten Kerne der einzelnen Absonderungsstücke ragen dann nicht selten wie kugelige Gesteinsformen aus den verwitterten Felswänden heraus. — Wo weit fortsetzende einfache Klüfte das Gestein durchsetzen, da erscheint es von beiden Kluftwänden her in lauter parallele Schalen abgesondert, welche gleichfalls unter dem Hammer zu einem lockern Gruse zerfallen.

*) *Ann. de Chim. et Phys.*, *t.* 52, 1833, *p.* 24.

**) Der Rappakivi (S. 574), diese eigenthümliche Granitvarietät Finnlands, ist nach Böthlingk oft dermaassen verwittert, dass 4 bis 5 Faden hohe Felsblöcke desselben zu blosen Gruskegeln zerfallen; was auch den finnischen Namen veranlasst hat, welcher soviel als fauler Stein bedeutet.

Weit wichtiger sind jedoch die tiefer eingreifenden Zerstörungen, welche viele Gesteine dadurch erleiden, dass gewisse ihrer vorwaltenden Bestandtheile im Laufe der Zeit einer totalen chemischen Zersetzung, einer förmlichen Verwesung unterworfen sind. Diese, zumal bei vielen krystallinischen Silicatgesteinen vorkommenden Zersetzungen erlangen deshalb eine sehr grosse geologische Bedeutung, weil durch sie das Material zur Bildung mancher anderen Gesteine geliefert worden ist. Der Kaolin und die meisten Thone sind nichts Anderes, als die Producte solcher Zersetzungsprocesse, welche seit undenklichen Zeiten in Wirksamkeit sind*), und eine ausserordentliche Menge von Zersetzungsschlamm erzeugt haben, aus dessen allmäliger Umbildung manche neuere Gesteine hervorgegangen sind.

§. 212. *Anderweite Zersetzungen zu Kaolin, Thon u. s. w.*

Eine besonders wichtige Rolle spielt die Zersetzung in den feldspathhaltigen Gesteinen, weil gewisse Feldspath-Species der Verwesung ganz vorzüglich unterworfen sind. Nächst den Feldspathen aber sind manche Varietäten von Pyroxen und Amphibol ziemlich leicht zersetzbare Mineralien, daher denn diejenigen Gesteine, welche einen dieser Bestandtheile nebst Labrador, Oligoklas oder Albit enthalten, der Zersetzung einen besonders grossen Spielraum darbieten. Dagegen ist der Glimmer ein Mineral, welches in der Mehrzahl seiner Varietäten der Zerstörung sehr lange Widerstand leistet; weshalb denn auch die feinsten Glimmerschuppen, wie solche in so vielen Sandsteinen und Schieferthonen eingeschwemmt worden sind, noch bis auf den heutigen Tag ein sehr frisches und unzerstörtes Ansehen erhalten haben.

Die Zersetzung der Feldspathe ist zwar bis jetzt fast nur für den Orthoklas genauer untersucht und ermittelt worden; doch ist es wohl nicht zu bezweifeln, dass die übrigen Species ganz analogen Zersetzungen unterworfen sind, obwohl sie, nach Maassgabe ihrer verschiedenen Zusammensetzung, sehr verschiedene Grade der Zersetzbarkeit besitzen mögen. In dieser Hinsicht scheint einestheils der Gehalt an Kieselerde, anderntheils die Natur der vorwaltenden alkalischen Bestandtheile von besonderem Einflusse zu sein, indem z. B. die einfach-kieselsauren Feldspathe leichter als die dreifach-kieselsauren, die natron- und

*) »Jede geologische Hypothese führt zu der Annahme, dass der Erschaffung der Gesteine ihre Verwitterung auf dem Fusse folgen musste.« Bischof, Lehrb. der chem. und phys. Geol., II, S. 49.

kalkreichen Feldspathe leichter als die kalireichen der Zersetzung zu unterliegen pflegen*).

Der aus der Zersetzung des Orthoklases hervorgehende **Kaolin** ist, nach den Untersuchungen von Fuchs, Forchhammer und Anderen, in seiner **reinsten** Form als zweiwasserhaltige zweifach-kieselsaure Thonerde ($\ddot{Al}\,\dddot{Si}^2 + 2\dot{H}$) zu betrachten, und wird dadurch gebildet, dass dem Orthoklase ($\ddot{Al}\,\dddot{Si}^3 + \dot{K}\,\dddot{Si}^3$) vierfach-kieselsaures Kali ($\dot{K}\,\dddot{Si}^4$) entzogen wird, statt dessen die rückständige zweifach-kieselsaure Thonerde zwei Atom Wasser aufnimmt. Das ausgeschiedene, im Wasser noch etwas auflösliche Kalisilicat hat oft die Veranlassung zur Bildung von Kieselerde-Concretionen in der Form von Opal, Halbopal, Chalcedon und Hornstein gegeben. So finden sich nach Fuchs im Kaolin von Obernzell bei Passau Knollen von Opal und Halbopal; dasselbe erwähnt Rüppel von den Kaolinen der Insel Elba, und Emmons berichtet, dass die Kaolin-Ablagerungen von Athol, Johnsburgh und Minerva im Staate New-York viele chalcedonähnliche Hornstein-Nieren umschliessen**). Auch der sogenannte **Knollenstein** in dem zersetzten Porphyr der Gegend von Halle dürfte auf ähnliche Weise entstanden sein.

Uebrigens versteht es sich von selbst, dass andere Feldspathspecies etwas verschiedene Resultate liefern werden, und dass das Product der Zersetzung, je nach den verschiedenen Stufen, bis zu welchen dieselbe fortgeschritten ist, und je nach der grösseren oder geringeren Quantität von beigemengtem unzersetzten Material und von fremdartigen Mineraltheilen, mit etwas verschiedenen Eigenschaften hervortreten wird.

Dass bei der Zersetzung der Feldspathe zu Kaolin nicht blos das Wasser, sondern ganz vorzüglich auch die **Kohlensäure** wirksam sei, diess ist zuerst von Werner ausgesprochen, später noch weit specieller von G. Bischof und endlich von Fournet geltend gemacht worden***). Indessen hat Forch-

*) Bischof, a. a. O. II, S. 292.

**) Rüppell, in v. Leonhard's Zeitschrift für Mineralogie, 1825, II, S. 398, und *Emmons*, im *Third Annual Report on the geol. survey of the state of New-York*, 1839, *p*. 205.

***) Werner, Neue Theorie von der Entstehung der Erzgänge, 1791, S. 130, wo er ausdrücklich die Zersetzung des Feldspathes zu Kaolin und zu Speckstein unterscheidet, und sagt, dass solche ganz ohne Zweifel zwei verschiedenen Säuren, die erstere nämlich der Luftsäure, die andere der Schwefelsäure zuzuschreiben sei. Bischof, in Nöggerath's Rheinland-Westphalen, IV, 1826, S. 261; *Fournet*, in *Ann. de Chim. et de Phys.*, *vol.* 55, 1834, *p*. 225 ff. Eben so hat Fuchs schon im Jahre 1818 die Kaolinisirung des Porcellanspathes durch die gleichzeitige Wirkung von Wasser und Kohlensäure erklärt. Boase dringt darauf, dass in jedem Falle die betreffenden Feldspathe selbst einer genauen Analyse unterworfen werden

hammer gezeigt, dass der Orthoklas auch durch die vereinigte Wirkung von Wasser und hoher Temperatur eine vollständige Zersetzung erleidet, bei welcher gleichfalls vierfach-kieselsaures Kali aufgelöst wird und zweifach-kieselsaure Thonerde zurückbleibt*), woraus sich schliessen lässt, dass bei längerer Zeitdauer wohl auch reines Wasser von niedriger Temperatur eine ähnliche Wirkung hervorbringen dürfte. Da nun kein Wasser ganz frei von Kohlensäure, die Circulation des Wassers aber seit Myriaden von Jahren im Gange ist, so werden wohl Wasser und Kohlensäure als die zwei hauptsächlichen Agentien bei der Kaolinisirung der Feldspathe zu betrachten sein.

Anmerkung. Dieser Satz lässt sich noch weit allgemeiner dahin aussprechen, dass kohlensäurehaltiges Wasser überhaupt als eines der allgemeinsten Auflösungs- und Zersetzungsmittel zu betrachten ist, dessen in kleinen Zeiträumen sehr geringfügig erscheinende Wirkungen durch ihre ununterbrochene Dauer während Tausenden von Jahren zu ganz erstaunlichen Resultaten führen können. In dieser Hinsicht sind die neuesten Untersuchungen der Gebrüder Rogers über die Zersetzung und partielle Auflösung der Mineralien von ausserordentlichem Interesse. Sie überzeugten sich, dass alle in den Gesteinen vorkommenden Silicate, sowohl die mit, als auch die ohne Alkalien, in kohlensaurem wie in reinem Wasser auflöslich sind. Indem sie das feinste Pulver dieser Mineralien auf einem Filtrum mit kohlensaurem Wasser auslaugten, fanden sie schon nach zehn Minuten Spuren von Alkalien und Erden, und indem sie dasselbe eine längere Zeit mit dergleichen Wasser in einer Flasche schüttelten, gelang es ihnen, förmliche partielle Auflösungen von 0,4 bis zu 1 Procent des Ganzen zu erhalten. Auf diese Weise erhielten sie die verschiedenen Bestandtheile aus Feldspath, Hornblende, Epidot, Chlorit, Serpentin und anderen Mineralien. Besonders leicht erfolgte die Zersetzung der Magnesiasilicate und der Kalksilicate, und diess erklärt, warum auch in der Natur diese Mineralien oft schneller verwesen, als manche Feldspathe**).

Die Kaolinisirung der Feldspathe ist eine Erscheinung, welche besonders häufig im Gebiete gewisser Granite und Felsitporphyre

müssen, bevor man über den bei ihrer Zersetzung Statt findenden *modus operandi* ein Urtheil fällen kann, und glaubt aus seinen Versuchen schliessen zu können, dass wahrscheinlich ein Gehalt von Magnesia besonders wirksam sei, welcher als Bicarbonat entfernt werde. *The London and Edinb. Phil. Mag.*, 3. *ser.*, *X*, 1837, *p.* 352. Nach Bischof werden auch die Alkalien als Bicarbonate ausgelaugt.

*) Poggend. Ann. Bd. 35, 1835, S. 331 f.

**) *The American Journ. of sc.*, 2. *ser. V*, 1848, *p.* 401. Auch John Davy hat ähnliche Versuche über die Auflöslichkeit einiger Substanzen in kohlensaurem Wasser angestellt, und dabei gefunden, dass die Thonerde ganz unauflöslich sei, woraus er es erklärt, dass in den Pflanzen keine Thonerde vorkommt. A. a. O. p. 61. Hieran schliessen sich die Versuche von G. Bischof über die Auflöslichkeit der Carbonate von Kalkerde, Magnesia und Eisenoxydul, wenn sie im Wasser eingerührt von durchströmender Kohlensäure in Bicarbonate verwandelt werden, und über die Auflöslichkeit der Silicate von Magnesia, Kalkerde, Barya und Strontia, sowohl in heissem als in kaltem Wasser. Lehrb. der chem. und phys. Geol. I, S. 379, 387 u. 788.

vorkommt, und eine gänzliche Verwesung dieser Gesteine zur Folge hat, indem dieselben zu einer weissen, durch die unzersetzt gebliebenen Gemengtheile mehr oder weniger verunreinigten Thonmasse aufgelöst werden. Wie bedeutend diese Zersetzung werden kann, dies lehren schon die ansehnlichen Massen von Kaolin, welche in manchen Granit- und Porphyrdistricten alljährlich gewonnen werden.

Sehr starke Kaolinförderungen aus Granit sind z. B. bei Carlsbad in Böhmen, bei Saint-Yrieux unweit Limoges in Frankreich, bei St. Stephens und St. Austell in Cornwall, bei Cornwood in Devonshire im Gange. In der Umgegend von Macao sind nach Callery alle Granitberge dermaassen zerstört, dass ihre Gipfel wie mit Schnee bedeckt erscheinen, und nach Benza ist der Syenitgranit der Neelgherries in Ostindien, am südlichen Ende der Ghats, bis auf 40 Fuss tief in einen Zustand der Auflösung übergegangen*). Der quarzfreie Felsitporphyr von Rasephas bei Altenburg ist fast auf 30 Ellen tief in Kaolin umgewandelt, in welchem sich die Chalcedontrümer des frischen Porphyrs noch unverändert erhalten haben**); und der ältere Porphyr von Halle erscheint bei Morl und Trotha gleichfalls auf bedeutende Tiefe kaolinisirt; dasselbe ist der Fall mit dem Porphyr der Gegend von Sornzig und Seilitz in Sachsen. Auch der Gneiss unterliegt bisweilen einer ähnlichen Verwesung. Nach den Beobachtungen von Spix, Martius und Darwin zeigt der Gneiss in der Gegend von Rio-Janeiro und Bahia einen ganz ausserordentlichen Zustand der Zersetzung; mit Ausnahme des Quarzes sind alle Bestandtheile desselben in eine weiche thonige Masse umgewandelt worden, und stellenweise reicht diese Zerstörung bis 100 Fuss tief einwärts. Die Phonolithe unterliegen gleichfalls oft einer tief eingreifenden Zersetzung zu einer weichen, weiss, gelblich oder graulich gefärbten homogenen Masse, welche theils an Kaolin, theils an Thon erinnert, aber noch deutlich die schiefrige Structur, und bisweilen ganz frische Sanidinkrystalle erkennen lässt. (Reuss, die Umgebungen von Teplitz, S. 210 f.)

Ausser der Zersetzung zu Kaolin zeigen die Feldspathe auch nicht selten eine andere Umwandlung, durch welche sie in eine licht grünliche, steatit- oder steinmarkähnliche Substanz oder auch in einen rothen Thon übergehen. Dabei ist es eine schon lange bekannte interessante Wahrnehmung, dass diese Umwandlung oft in der Mitte der Krystalle beginnt, und allmälig von innen nach aussen zu fortschreitet***), was

*) *Bull. de la soc. géol. t. VIII*, 1836, *p.* 234 und Neues Jahrbuch für Min. 1838, S. 713.

**) Dieser, aus der totalen Verwesung eines quarzfreien Porphyrs hervorgegangene Kaolin hat nach der Analyse von Brunnemann eine der Normalformel des Kaolins sehr nahe entsprechende Zusammensetzung. Notiz von Zinkeisen in den Mittheilungen aus dem Osterlande, Bd. IV, 1840, S. 105.

***) v. Struve, in Leonhard's Taschenb. für Min. 1807, S. 171; Bonnard, ebendas. 1822, S. 102.

namentlich an den grösseren Feldspathkrystallen der grobkörnigen Granite und Granitporphyre häufig beobachtet werden kann. Die steatitähnliche Umwandlung, welche z. B. im Gneisse und Porphyr der Umgegend von Freiberg, zumal an der Gränze der Erzgänge, sehr häufig vorkommt, scheint in dem ersteren Gesteine den Feldspath und Glimmer zugleich zu ergreifen, welche daher beide in eine homogene Masse verfliessen; wie solches schon Werner bemerkte, indem er zugleich die Vermuthung aussprach, dass diese Art der Umwandlung durch die, von Zersetzung von Eisenkiesen herrührende Schwefelsäure bewirkt werde*).

Nach den Analysen von Crasso lassen die zersetzten Feldspathkrystalle des Carlsbader Granites und des Granitporphyrs von Altenberg eine bedeutende Verminderung ihres Kaligehaltes, die ersteren auch eine Verminderung, die letztere dagegen eine relative Vergrösserung ihres Kieselerdegehaltes erkennen, während beide Wasser aufgenommen haben. Sehr interessant ist die von demselben Chemiker nachgewiesene Zersetzung der Feldspathkrystalle eines Porphyrs von Ilmenau, deren Substanz zur Hälfte durch kohlensauren Kalk ersetzt worden ist.

Während übrigens viele Feldspathe und viele Varietäten von feldspathführenden Gesteinen der Verwitterung sehr bald unterliegen, so giebt es wiederum andere Varietäten, welche derselben kräftigen Widerstand leisten, und daher ihr frisches unversehrtes Wesen selbst da lange behaupten, wo sie den Angriffen der Atmosphärilien und Gewässer besonders ausgesetzt sind.

Der Leucit, ein in seiner chemischen Zusammensetzung dem Orthoklase sehr analoges Mineral, ist gleichfalls nicht selten einer Zersetzung zu Kaolin unterworfen, welche wohl jedenfalls durch ganz ähnliche Ursachen herbeigeführt wird, wie die Kaolinisirung des Feldspathes. Die Leucitophyre enthalten bisweilen viele in Kaolin umgewandelte Leucitkrystalle, deren Material auch in manche vulcanische Tuff-Ablagerungen eingeschwemmt worden sein mag.

Wie Feldspath und Leucit, so sind auch Pyroxen und Amphibol ein paar Mineralien, welche, vermöge ihrer auffallenden Zersetzbarkeit, nicht selten recht tief eingreifende Zerstörungen derjenigen Gesteine herbeigeführt haben, in welchen sie als vorwaltende Gemengtheile auftreten.

*) Neue Theorie der Gänge, S. 131; dieselbe Ansicht ist auch später von v. Struve ausgesprochen worden.

So verwandeln sich nach Freiesleben und Reuss die Augitkrystalle der Basalte in eine stroh- oder schwefelgelbe steinmarkähnliche Substanz, oder in einen gelblichgrauen wackenähnlichen Thon, oder in eine ziemlich feste holzbraune Substanz *). Die bisweilige Umwandlung derselben in ein der Grünerde ähnliches Mineral ist bekannt. Rammelsberg hat gezeigt, dass aus dergleichen zersetzten Augitkrystallen die Kalkerde und Talkerde (aus denen vom Vesuv auch die Thonerde) fast vollständig verschwunden sind, während die sogenannten Grünerde-Pseudomorphosen aus dem Fassathale Alkalien und z. Th. kohlensauren Kalk aufgenommen haben.

Dass die Diabase, Dolerite, Anamesite und Basalte, welche nicht nur Labrador (oder Oligoklas), sondern auch Pyroxen, also zwei sehr leicht zersetzbare Bestandtheile enthalten, vermöge dieser ihrer mineralischen Zusammensetzung besonders auffallenden Zerstörungen unterworfen sein können, ist vorauszusetzen. Und in der That erscheinen auch diese Gesteine sehr häufig in einem Zustande mehr oder weniger weit fortgeschrittener Verwitterung, deren verschiedene Stadien sich durch Bleichung oder Bräunung, durch Auflockerung (bei den Basalten bisweilen durch eckig-körnige Absonderung), durch concentrisch-schalige Exfoliation mit Kugelbildung, und endlich durch gänzliche Auflösung zu eisenschüssigen, thonigen, braunen, schmutzig grünen oder gelben Massen zu erkennen geben. Auch der Olivin ist einer eigenthümlichen Zersetzung unterworfen, durch welche er sich allmälig in eine weiche, ziegelrothe bis blutrothe Substanz verwandelt, welche oft noch die Form und selbst die Spaltbarkeit der ursprünglichen Krystalle erkennen lässt **).

Ueber den eigentlichen Hergang bei der Zersetzung der Basalte hat Ebelmen interessante Untersuchungen angestellt, indem er mehre Basalt-Varietäten sowohl im frischen als im zersetzten Zustande analysirte. Als Resultat dieser Analysen stellte es sich heraus, dass durch den Zersetzungsprocess die Magnesia, die Kalkerde, die Alkalien nebst einem Theile des Eisenoxyduls und der Kieselerde ausgeschieden und entfernt werden, weshalb in dem Rückstande die Thonerde sehr concentrirt ist, und mit der noch übrigen Kieselerde, mit Eisenoxyd und Wasser jene thonähnlichen Massen bildet, welche als die letzten Producte der Zersetzung, als die eigentlichen Reliquien des Basaltes zu betrachten sind. Ebelmen betrachtet diesen Process als einen der Kaolinbildung ganz analogen Vorgang, und erklärt ihn dadurch, dass während die Alkalien, die alkalischen Erden und ein Theil des Eisenoxyduls als Bicarbonate ausgelaugt werden, die frei gewordene Kieselerde in *statu nascente*

*) Freiesleben, Magazin für die Oryktographie von Sachsen, Heft I, S. 14; Reuss, die Umgebungen von Teplitz, S. 209.

**) Reuss, a. a. O. S. 209.

ebenfalls aufgelöst und fortgeführt wird, worauf dann die übrigen Stoffe mit Wasser verbunden als Thon zurückbleiben *).

Dass die Hornblende, welche in ihrer chemischen Zusammensetzung dem Augite so nahe steht, gleichfalls häufigen Zersetzungen unterworfen sein werde, lässt sich erwarten. Sie verwandelt sich dabei in eine thonige, schmutzig gelbe oder braune, bisweilen auch rothe, wasserhaltige Substanz. Vergleicht man die Analysen, welche Göschen von der frischen, und Madrell von der zersetzten basaltischen Hornblende des Wolfsberges bei Czernosin geliefert haben **), so erkennt man, wie auch hier der Zersetzungsprocess wesentlich darin bestand, dass Kalkerde und Magnesia entfernt wurden, Eisenoxydul in Eisenoxyd überging, und Wasser hinzutrat. Obgleich aber die Hornblende in vielen Fällen der Zersetzung sehr auffallend unterliegt, so erweist sie sich doch in manchen Dioriten minder zerstörbar als der sie begleitende Feldspath, daher ihre Individuen bisweilen wie rauhe Warzen auf der Oberfläche des Gesteins hervorragen. Dasselbe ist noch viel auffallender mit den Hypersthenkörnern des Hypersthenites der Fall.

§. 213. *Zersetzungen und Umbildungen durch vulcanische Dämpfe.*

Die in den Krateren, an den Abhängen und in der Umgebung der Vulcane Statt findenden Dampf- und Gas-Exhalationen, so wie die mit ihnen oft verbundenen heissen Quellen üben gleichfalls einen sehr zerstörenden Einfluss auf die angränzenden Gesteinsmassen aus; auch ist es wohl begreiflich, dass heisse Wasserdämpfe, Chlorwasserstoff, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und die aus der Zersetzung des letzteren hervorgehende Schwefelsäure, wenn sie Jahrhunderte hindurch auf die Kraterwände eines Vulcans oder auf die Wände ihrer Ausbruchsspalte einwirken, eine tief eingreifende Zersetzung des Gesteins dieser Wände verursachen müssen. Das Gestein wird weiss gebleicht oder gelb gefärbt, erhält eine weiche und morsche Beschaffenheit, und verwandelt sich endlich in weisse oder bunte, tuff- oder thonähnliche Massen, in welchen bisweilen die Krystalle der minder zersetzbaren Mineralien noch deutlich zu erkennen sind. Gleichzeitig mit diesen Zersetzungen stellen sich aber auch mancherlei Bildungen von Sublimaten und Salzen ein; Schwefel-Incrustate überziehen die Gesteinswände in hell leuchtenden gelben Strei-

*) *Comptes rendus*, *t.* 20, 1845, *p.* 1415 und *t.* 26, 1848, *p.* 38; auch Neues Jahrb. für Min. 1847, S. 214 und 1848, S. 570.

**) Rammelsberg, zweites Supplement zum Handwörterbuche, S. 61.

fen, zwischen welchen verschiedene Eisen- und Kupfersalze mit ihren rothen, grünen und blauen Farben lebhaft contrastiren, so dass die Kraterwände manches dampfenden Vulcans stellenweise ein höchst grelles und buntfarbiges Colorit zeigen.

So berichtet Hoffmann, dass im Krater der Insel Vulcano durch die heissen schwefelwasserstoffhaltigen Wasserdämpfe der Obsidian in eine schneeweisse thonsteinähnliche Masse umgewandelt wurde, deren Klüfte mit Schwefel- und Gypskrystallen bekleidet sind; auf Lipari aber ist, nach demselben Beobachter, durch die Fumarolen bei den Thermen von S. Calogero die porphyrähnliche Lava zu einer blendendweissen tripelartigen, der dunkelfarbige vulcanische Tuff zu einer gelblichweissen Masse umgewandelt worden, welche opalähnliche Knollen enthält, und auf den Klüften mit Chalcedon und hyalithähnlichem Kieselsinter überzogen ist*). Die trachytischen Gesteine der Solfatara bei Neapel werden durch schwefelwasserstoffhaltige Wasserdämpfe weiss, poros, aufgelockert, zellig ausgenagt, und zerfallen endlich zu einem weissen Thone, in welchem sich Alaun und Schwefel absetzen. Dieselben Ursachen bringen ähnliche Wirkungen im Krater des Pic von Teneriffa hervor, wo das Gestein stellenweise so erweicht ist, dass es der Vorsicht bedarf, um nicht in den siedendheissen Massen einzusinken**). Nach Darwin wiederholen sich dieselben Erscheinungen auf der Insel Terceira.

Besonders auffallend werden diese Zersetzungen bei solchen, im Zustande einer Solfatara (S. 120) befindlichen Vulcanen, in welchen die Wirkungen der Dampf-Exhalationen durch zugleich mit hervorbrechende heisse Quellen unterstützt werden. So erzählt Junghuhn, dass der Krater des Telaga-Leri bei Batur auf Java, in welchem aus tausend Löchern und Spalten heisse Quellen hervorsprudeln, einen von Dämpfen durchwühlten Morast darstellt, in dessen Umgebung alles Gestein zersetzt, zerbröckelt und in hellgrauen Thon verwandelt ist; selbst die Ufer dieses Morastes sind ein grundloser Schlamm, der nicht ohne Gefahr zu betreten ist; wie man denn in diesem Krater nirgends einen Schritt thun kann, ohne auf zischende Dämpfe und brodelnde Sprudel zu stossen***).

Auch in dem Gebiete des Isländischen Palagonittuffes (S. 714) sind die Wirkungen solcher mit Quellen verbundenen Gas-Exhalationen ganz ausserordentlich. An den Solfataren von Krisuvik und Reykjahlid beobachtete sie Bunsen im grossartigsten Maassstabe, und wir können es uns nicht versagen, seine treffliche Schilderung der dortigen Erscheinungen hier einzuschalten.

*) Poggend. Annalen, Bd. 26, 1832, S. 38 und 60.

**) Leopold v. Buch, Physik. Beschr. der Canar. Inseln, S. 232.

***) Topogr. und naturwissensch. Reisen durch Java, S. 381.

„Exhalationen von schwefeliger Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefeldampf und Wasserdampf durchbrechen in wilder Unordnung den heissen, aus Palagonittuff bestehenden Boden, und breiten sich weithin über die dampfenden Schwefelfelder aus, welche, in Folge der Zersetzung des Palagonites und jener Gase, in steter Fortbildung begriffen sind. An den Gehängen der Berge dringen sie aus Klüften und Gesteinsspalten in Gestalt mächtiger Dampfstrahlen brausend und zischend, oder, wenn der Schall an den Vorsprüngen unterirdischer Höhlungen sich bricht, mit wahrhaft brüllendem Getöse hervor. Wo sich dagegen das Quellensystem mehr nach der Thalsohle in das lockere Tufflager hinabzieht, da gewahrt man siedende Schlammpfuhle, in denen sich ein widerlich blauschwarzer Thonbrei zu ungeheuren Blasen auftreibt, die bei ihrem Zerplatzen den kochendheissen Schlamm oft an 15 Fuss hoch emporschleudern, und in kraterförmigen Wällen um die Quellenbassins anhäufen. Alle diese Erscheinungen liefern in ihrer Gesammtheit ein Bild der wildesten Verwüstung, das an schauerlicher Oede nur von der finsteren Gebirgsnatur übertroffen wird, welche diese Scenen umgiebt“ *).

Durch die Einwirkung dieser Suffionen wird der zersetzte Palagonittuff in abwechselnde Lagen von weissem eisenfreien, und gefärbtem eisenhaltigen Thon verwandelt, welche sehr an gewisse Keuperthone erinnern.

Allein diese Wirkungen der vulcanischen Dämpfe sind nicht blos zerstörender Art, sondern sie äussern sich auch durch förmliche Umbildungen der vorhandenen, und durch Bildungen ganz neuer Gesteine. Ein paar ausgezeichnete Fälle der Art liefert die Bildung von Gyps und Schwefel, und die Umwandlung trachytischer Gesteine zu Alaunstein.

Höchst merkwürdig sind auch in dieser Hinsicht die von Bunsen aus Island mitgetheilten Thatsachen, weil sie uns eine solche Bildungsweise von Gyps und Schwefel als eine in grossem Maassstabe noch fortwährend vor sich gehende Erscheinung erkennen lassen. Während nämlich in den vorerwähnten Solfataren von Krisuvik und Reykjahlid der Palagonittuff zu weissen und bunten Thonen umgewandelt wird, entstehen gleichzeitig Gyps und Schwefel. Dieser Gyps bildet innerhalb des Thons theils isolirte, bis zollgrosse Krystalle, theils zusammenhängende Schichten und stockförmige Einlagerungen, welche letztere ganz den Gypsen der Triasformation gleichen, und nicht selten in kleinen Felsen hervortreten **). Alaun, Eisenkies, Schwefelkupfer und Schwefel

*) Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 62, 1847, S. 10.

**) Bunsen, a. a. O. S. 15 f. Bei der Betrachtung dieser Erscheinungen, bemerkt er, könne man kaum den Gedanken unterdrücken, dass ein Theil der mächtigen Gypsstöcke, welche so häufig die mergligen Thonschichten der secundären

sind gleichfalls Erzeugnisse dieses Processes. Der Schwefel bildet zumal bei Krisuvik und in der Umgebung des Krafla sehr ausgedehnte Ablagerungen, und scheint nach Bunsen grösstentheils aus der Wechselwirkung von schwefeliger Säure und Schwefelwasserstoff zu entstehen.

Hieran knüpfen sich die durch Fr. Hoffmann von der Insel Lipari bekannt gewordenen Erscheinungen. Dieselben Dämpfe, welche bei den Bädern von S. Calogero und an anderen Orten die Lava und den vulcanischen Tuff zersetzen, veranlassen auch eine von allen diesen Gegenden unzertrennliche und recht ansehnliche Gypsbildung. Die ganze Tuffmasse wird von schneeweissen oder blassrothen, fasrigen und bis zollstarken Gypstrümern durchzogen; auch finden sich Knollen von feinkörnigem schneeweissen Alabaster. Noch häufiger aber ist der Tuff in eine schmutzig ockergelbe Thonmasse verwandelt, welche von blättrigem Gypse strotzt, und zugleich von Fasergyps durchtrümert ist. ,,Wahrlich, man kann wohl kaum etwas Aehnlicheres mit den Vorkommnissen des Gypses in unseren Flötzgebirgen finden.“ Auch ist die Erscheinung keinesweges in kleinem Maassstabe ausgebildet; nein, fast auf eine Stunde Erstreckung und in 200 Fuss Mächtigkeit giebt sie sich zu erkennen*).

Besonders interessant ist die steile obere Thalwand des Val di Muria, wo unter einer Lavabank, in ganz horizontaler und ungestörter Lage, ein hundertfältiger Wechsel von zolldicken, feinerdigen, blassrothen Tuffschichten und halb so dicken, feinkörnigen, weissen Gypslagen Statt findet, während noch ausserdem das Ganze von Fasergyps regellos durchtrümert wird. ,,Es ist unmöglich, sagt Hoffmann, eine mit den Keupergypsen übereinstimmendere Erscheinung nachzuweisen.“ Am Hügel alle Croci finden sich schalig abgesonderte Lavakugeln, in welchen die Lava Schale um Schale mit sehr dünnen weissen Gypskrusten abwechselt.

Einen Pendant zu diesen Erscheinungen erwähnt Darwin von der Insel St. Helena, wo eine Ablagerung vulcanischer Tuffe mit Trümern und Lagen von Gyps erfüllt ist. Auch gehört wohl hierher eine Beobachtung von Fiedler, welcher bei Woudia, auf der Insel Milo, im Gebiete der zersetzten vulcanischen Conglomerate Ablagerungen sah, die aus lagenweise abwechselndem Gyps und rothem Thon bestehen**). Uebrigens sind Gypsbildungen in den Spalten vulcanischer Gesteine nicht so gar selten. Am Gipfel der Montaña-

Formationen charakterisiren, und bei denen die gänzliche Abwesenheit kalkiger Conchylien auf die Einwirkung saurer Dämpfe hindeutet, einer ähnlichen chemischen Einwirkung ihre Entstehung verdanken möge.

*) Hoffmann, a. a. O. S. 40 f.

**) *Darwin*, *Geol. observ. on the volcanic islands*, p. 75, und Fiedler, Reise durch alle Theile des Königr. Griechenland, II, S. 403.

de-Fuego, auf der Insel Lanzarote, fand Leopold v. Buch in einem 300 Fuss tiefen Krater die Spalten des Gesteins fast ausgefüllt mit weissem Gyps, welcher durch die Einwirkung schwefelwasserstoffhaltiger Wasserdämpfe gebildet wurde. Auch am Aetna fand Elie-de-Beaumont einige Spalten in der Nähe des Kraters mit Fasergyps erfüllt, und Virlet sah die oberen Theile des Trachytes auf der Insel Aegina mit einem Netze von Fasergypstrümern durchflochten*).

Auch ältere pyrogene Gesteine haben zu dergleichen Gypsbildungen Veranlassung gegeben. So berichtet Tournal, dass bei St. Eugénie, südwestlich von Narbonne, Wacke und Basalttuff, welche auf Lias liegen, von Gypsadern durchsetzt werden; an anderen Stellen wird der Gyps vorwaltend, und umschliesst runde Partieen von Basalt und Wacke. Die ganze Ablagerung ruht in sehr verworrener Schichtung zwischen zwei Kalksteinbergen. Interessant ist auch die Beobachtung von Williams, welcher im Kohlenkalkstein von Bleadon eine 30 Fuss mächtige, von kleineren und grösseren Schlackenstücken erfüllte rothe Mergelschicht (?) fand, deren Schlacken concentrisch schalig abgesondert und von sehr vielen Fasergypstrümern durchzogen sind **).

Die meisten dieser Erscheinungen dürften nach G. Bischof daraus zu erklären sein, dass der aus dem Erdinnern entwickelte Schwefelwasserstoff zerlegt und dabei Schwefelsäure gebildet wurde, welche die vulcanischen Gesteine durchdrang, die kalkhaltigen Silicate derselben zersetzte, und mit der Kalkerde zu Gyps zusammentrat.

Dass aber auch ähnliche, durch Schwefelwasserstoff bedingte Gypsbildungen fern von Vulcanen und ohne Mitwirkung vulcanischer Gesteine, mitten im Gebiete von Kalkstein Statt finden können, diess beweisen die in Gyps umgewandelten Kalksteinwände der Schwefelbäder von Aix in Savoyen; ferner die Suffionen von Toskana, heisse, mit etwas Schwefelwasserstoff geschwängerte Dampfstrahlen, welche den umgebenden Kalkstein in Gyps verwandeln; endlich die im Kalkstein liegenden bedeutenden Gyps- und Schwefel-Ablagerungen Siciliens, welche besonders in der Linie von Centorbi nach Cattolica, also in der Verbindungslinie des Aetna und der vulcanischen Insel Pantellaria sehr concentrirt,

*) Leopold v. Buch, Physikal. Beschr. der Canar. Inseln, S. 304; *Elie de Beaumont, Mém. pour servir à une descr. géol de la France, IV, p.* 37; *Virlet, Bull. de la soc. géol., II,* 1831, *p.* 358.

**) *Tournal,* in *Férussac Bull. des sc. nat.* 1829, *Août*; und *Williams*, im *Quarterly Journal of the geol. soc. I, p.* 148. Im *Bull. de la soc. géol. I, p.* 37 sagt Tournal, da die Gypsablagerungen der Gegend von Narbonne immer in der Nähe der dortigen Basalte vorkommen, so glaube er, dass diese den Weg für Thermen geöffnet hätten, welche viel Schwefelsäure enthielten, und den Kalkstein in Gyps verwandelten. Sehr wichtig für die Genesis und Allöosis der Gesteine sind Tilghman's Versuche in *The Amer. Journ. of sc.* 2. *sér. V,* 266 u. *VI,* 260,

und gewiss nur dadurch entstanden sind, dass in einer früheren Periode langwierige und reichliche Exhalationen von Schwefelwasserstoff Statt fanden, und dass dieses Gas die Bildung von Schwefel und Schwefelsäure veranlasste, welche letztere sich mit der Kalkerde des Kalksteins zu Gyps verband.

Auf eine ähnliche Weise dürfte auch die Umbildung gewisser trachytischen Gesteine zu Alaunstein (S. 711) zu erklären sein. Die Alaunsteine des Beregher Comitates in Ungarn sind, wie diess schon Haberle in seiner trefflichen Abhandlung*) erkannte, und Beudant vollkommen bestätigte, auf das Innigste mit anderen Gesteinen, namentlich mit Trachyttuffen und Bimsstein-Conglomeraten verbunden, in welche sie ganz allmälig übergehen, und von welchen sie sich lediglich durch den Gehalt an Alunit unterscheiden. Sie sind in der That integrirende Massen dieser Gesteins-Ablagerungen, welche stellenweise von Schwefelsäure durchdrungen und dermaassen bearbeitet wurden, dass eine mehr oder weniger reichliche Ausbildung von Alunit, theils mitten im Gesteine, theils auf allen Klüften und Höhlungen desselben Statt fand. Eben so erscheint der Alaunstein von Tolfa, in dessen Nähe gleichfalls Trachyt- und Bimsstein-Conglomerate vorkommen, nach Hoffmann als ein aufgelöster Trachyt, welcher nach allen Richtungen von Alunit-Trümern durchzogen wird, und ganz allmälig in die trachytischen Gesteine übergeht. Auch der Alaunstein des Thals de-la-Craie am Montdor gehört zu den dasigen Trachytconglomeraten**).

Sehr lehrreich ist auch die Schilderung, welche Virlet von dem Alaunstein auf Aegina gab. An der Ostseite der Insel ragt graulichweisser, prismatisch abgesonderter Trachyt in einer schroffen Felsenwand, Peninda-ta-Vrakia genannt auf. Der alaunhaltige Trachyt bildet einen Hügel, welcher als Vorgebirge weiter hinaustritt, und dessen ockergelbes Gestein schon aus der Ferne einen schwefeligen Geruch verbreitet, von der Menge des sich zersetzenden Eisenkieses, welchen es enthält. Virlet glaubt, dieser Alaunstein sei eine durch schwefligsaure Dämpfe entstandene Umbildung des angränzenden Trachytes; in der That kann man auch einen ganz allmäligen Uebergang verfolgen, nur wird die säulenförmige Absonderung durch eine sehr regellose sphäroidische ersetzt, zwischen welcher sich Adern von Faser-Alaun hinziehen, die von Eisenkiesnieren begleitet werden. Diese Zersetzung des Trachytes lässt sich bis zum Mont-fendu unweit der Stadt Aegina beobachten; überall

*) Schweigger's Journal, Bd. 21, S. 151 f.

**) Die vielen Kieselbildungen, welche den Alaunstein zu imprägniren und in verschiedenen Formen zu durchziehen pflegen, dürften das Product desselben Zersetzungsprocesses sein, welcher den Alunit lieferte.

ist der Trachyt zerreiblich, weiss, gelblich oder grünlich geworden, und oft gleicht er einer Breccie*).

2. Umbildungen der Gesteine; Metamorphismus.

A. Metamorphismus durch Feuer.

§. 214. *Metamorphismus durch Kohlenbrände und durch vulcanisches Feuer.*

Lager von Steinkohlen und Braunkohlen gerathen zuweilen in Selbstentzündung, und verbrennen dann langsam und allmälig oft in grosser Ausdehnung. Wie diess noch gegenwärtig geschieht, so wird es auch in früheren Zeiten geschehen sein; und in der Gegend von Laun in Böhmen ist es sehr deutlich zu erkennen, dass die dortigen Berg- und Thalformen jünger sind, als die Braunkohlenbrände, welche ehemals Statt gefunden haben**).

Dass nun aber diejenigen Gesteine, welche die Steinkohle und Braunkohle zu begleiten pflegen, dass namentlich die thonigen Sandsteine, Thone und Schieferthone, welche so oft ihre unmittelbare Decke bilden, durch dergleichen Kohlenbrände mehr oder weniger verändert worden sein müssen, diess ist begreiflich; denn sie befanden sich ja unter ähnlichen Umständen, wie die Lehmziegel in einem brennenden Ziegelofen; sie waren längere Zeit einer sehr hohen Temperatur ausgesetzt, und werden daher nothwendig gebrannt, gefrittet, halb verglast und verschlackt worden sein. Und so finden wir denn auch in der That die oben S. 722 erwähnten Porcellanite, die gebrannten und gefritteten Thone und Schieferthone in allen denjenigen Gegenden, wo mächtige Steinkohlenflötze oder Braunkohlenlager allmälig eingeäschert worden sind. Ja, viele dieser Kohlenbrandgesteine erscheinen als förmliche Schlacken, welche meist schwarz, braun oder roth, oft metallisch glänzend oder bunt angelaufen, selten dicht, gewöhnlich mehr oder weniger poros, blasig und aufgebläht sind, und Fragmente von gebranntem bis halbgeschmolzenem

*) *Bull. de la soc. géol. II,* 357. Dieser Alaunstein ist also verschieden von dem, was man gewöhnlich so nennt, da er keinen Alunit, sondern unmittelbar Alaun enthält.

**) Wie weit sich diese unterirdischen Kohlenbrände bisweilen erstreckt haben, dafür liefert die Gegend von Brüx einen Beweis, wo sich eine Ablagerung von Kohlenbrandgesteinen fast eine Meile weit, von Kahn bis Pollerath, ununterbrochen verfolgen lässt. Geognost. Specialcharte von Sachsen, Section XI.

Thone oder Schieferthone einschliessen, die zuweilen dermaassen angehäuft sind, dass das Ganze eine Breccie von zahllosen, durch ein schlackiges Cäment verkitteten Fragmenten darstellt.

Da die verbrannten Flötze nicht selten eine grosse Mächtigkeit besassen, auch die meiste Braunkohle nach ihrer Verbrennung viel Asche hinterlässt, so entsteht uns die Frage, was wohl aus dieser Asche geworden sei. Es scheint, dass die eigenthümlichen Gesteine, welche so häufig in Begleitung der gebrannten Thone, und zwar stets unter*) ihnen vorkommen, als Umbildungsproducte dieser Kohlenasche zu betrachten sind. Diese Gesteine sind meist schmutzig gelblichweiss, ockergelb bis gelblichbraun, zuweilen auch braunroth, häufig gefleckt, gewolkt, geadert oder fein concentrisch gestreift, matt, im Bruche uneben und feinerdig, weich und sehr weich, auffallend leicht, und kleben oft stark an der Zunge. Sie haben grosse Anlage zu stückeliger, knolliger oder kugliger Absonderung, und enthalten nicht selten Nieren und krummschalige Partieen von braunem oder rothem Thoneisenstein; sie sind gar nicht oder nur sehr undeutlich geschichtet, oft aber in knorrige Stücke und platte Schollen zerklüftet.

Sollten diese Gesteine wirklich nichts Anderes als Kohlenasche sein, welche im Laufe der Zeit durch Druck, Infiltration und Zersetzung mehr oder weniger umgewandelt wurde, während sich ihre Eisentheile als Thoneisenstein concentrirten, so würden wir die Kohlenbrandgesteine überhaupt als Kohlenbrandproducte (die gebrannten Thone, Porcellanite u. s.w.) und als Kohlenbrandrückstände zu unterscheiden haben.

An die durch Kohlenbrände gefritteten und halbverglasten Gesteine schliessen sich die unzweifelhaft durch vulcanisches Feuer gebrannten und glasirten Gesteinsfragmente an, welche in manchen vulcanischen Schlacken-Ablagerungen angetroffen werden. Bekannt sind die theils nur gerösteten, theils mit einer Glasrinde versehenen Thonschiefer- und Grauwackenschieferstücke aus den Schlacken von Boos, Uedersdorf, Daun und Dockweiler in der Eifel, die ähnlichen aus dem Krater des Rodderberges bei Bonn, die gebrannten und z. Th. verglasten Fragmente von Glimmerschiefer, Quarz und Gneiss aus der vulcanischen Schlackenanhäufung des Kammerbühls bei Eger, und manche ähnliche Vorkommnisse, welche sich so augenscheinlich als Umwandlungsproducte des vulcanischen Feuers, als durchgeglühte oder angeschmolzene Auswürflinge nicht vulcanischer Gesteine zu erkennen geben, dass sie wohl von allen Parteien dafür gehalten werden.

*) So z. B. bei Schellenken, Zesemitz und Nechwalitz unweit Teplitz, bei Schwindschitz und Lischnitz unweit Bilin und Brüx. Gewisse weisse und hellgelbe Varietäten von Schellenken haben eine so grosse Aehnlichkeit mit der verbrannten sogenannten Kohlenlösche, dass über die Natur derselben kaum noch ein Zweifel obwalten kann.

B. Metamorphismus im Contacte pyrogener Gesteine.

§. 215. *Frittung, Schmelzung, Verkokung, prismatische Absonderung.*

Wenn sich die in den §§. 206 und 207 als pyrogene Bildungen aufgeführten Gesteine vor ihrer Erstarrung wirklich im feurigflüssigen Zustande befanden, so ist zu erwarten, dass sie in ihrem Contacte mit anderen Gesteinen oft mehr oder weniger auffallende Veränderungen dieser letzteren hervorgebracht haben müssen; Veränderungen, welche sich sowohl an den äusserlich angränzenden Gesteinsmassen, als auch an den eingeschlossenen Fragmenten derselben zu erkennen geben werden. Dergleichen Veränderungen sind nun auch in der That sehr häufig zu beobachten, und tragen einen solchen Charakter an sich, dass sie theils unmittelbar, theils mittelbar auf die Einwirkung einer hohen Temperatur schliessen lassen.

Wir wollen zuvörderst einige von denjenigen Metamorphosen betrachten, welche sich augenscheinlich als die Wirkungen grosser Hitze zu erkennen geben, und daher unmittelbar an die im vorhergehenden Paragraphen betrachteten Vorkommnisse anschliessen.

Die Basalte und überhaupt die Gesteine der Basaltfamilie lassen dergleichen metamorphosirende Einwirkungen sehr häufig beobachten. Wo Basalt an thonigen Sandstein angränzt, oder Fragmente desselben umschliesst, da ist dieser Sandstein gar nicht selten in einen Zustand der Verfärbung, Erhärtung, Frittung und Verglasung übergegangen, bisweilen auch mit einer prismatischen Absonderung versehen, was Alles nur durch eine Statt gefundene Erhitzung desselben erklärt werden kann. Aehnliche Einwirkungen haben die basaltischen Gesteine auf Mergel, Schieferthon, Thonschiefer, Granit und andere Felsarten ausgeübt; ja, zuweilen haben sie eine förmliche Schmelzung und, wo sie mit Steinkohle oder Braunkohle in Contact gekommen sind, eine völlige Verkokung derselben verursacht.

An der Blauen Kuppe bei Eschwege, am Wildensteine bei Büdingen, am Alpsteine bei Sontra*) und an vielen anderen Puncten geben sich diese Einwirkungen

*) Dieser Basaltberg zeigt die Umbildung des Sandsteins noch weit auffallender, als die Blaue Kuppe. Die Sandsteinfragmente sind im Basalte dermaassen angehäuft, dass sie mit ihm eine Breccie bilden. Dabei erscheinen sie graulichweiss und schwarz gestreift, emailartig glänzend, poros und voll Blasenräume, welche einen lavendelblauen Ueberzug haben. Die Stoffelskuppe bei Eisenach zeigt ganz ähnliche Erscheinungen.

auf die Gesteine der Buntsandstein-Formation so augenscheinlich und handgreiflich zu erkennen, dass sie von Niemand in Zweifel gezogen werden können. Der rothe, durch Eisenoxyd gefärbte Sandstein erscheint weiss oder lichtgrau, oft dunkel blaulichgrau oder schwärzlichgrau gestreift, dicht und fast homogen, emailartig glänzend, stellenweise poros und blasig, an den dunkel gefärbten Stellen magnetisch; mit einem Worte, er erscheint dergestalt verändert, wie es lediglich durch die Einwirkung einer sehr hohen Temperatur geschehen konnte. Dabei ist er nicht selten in schlanke prismatische Säulen abgesondert, welche z. B. am Wildensteine bei nur einem Zoll Stärke bis über 7 F. Länge erreichen *).

Diese prismatische Absonderung des Sandsteins ist aber mit vollem Rechte als ein Beweis sehr starker und anhaltender Erhitzung zu betrachten, da sie sich in ganz ähnlicher Weise an denen, den Schmelzraum umgebenden Gestellsteinen der Hohöfen, in Folge langwieriger Erhitzung derselben, auszubilden pflegt, wobei diese Sandsteine auch alle die übrigen Veränderungen erleiden, wie solche an denen vom Basalte eingeschlossenen oder begränzten Sandsteinen vorkommen. Die gefritteten und prismatisch abgesonderten Sandsteine der Hohöfen gleichen den ähnlichen Vorkommnissen aus den Basalten in allen ihren Eigenschaften zuweilen bis zur Verwechslung.

Aehnliche Frittungen und prismatische Absonderungen zeigt auch der Quadersandstein am Schöberle bei Kreibitz und zu Johnsdorf bei Zittau; und Macculloch berichtet, dass bei Dunbar in Schottland beide Erscheinungen auch am dortigen rothen Sandsteine in einem besonders grossen Maassstabe vorkommen, indem die Sandsteinsäulen 2 Fuss dick und über 15 F. lang sind, während das Gestein selbst eine dichte jaspisartige Beschaffenheit angenommen hat **). Diess beweist also, dass die Einwirkung der Hitze, ungeachtet des geringen Wärmeleitungsvermögens des Sandsteins, dennoch in mehr als 15 Fuss Abstand vom Basalte intensiv genug war, um solche auffallende Umbildungen hervorzubringen; woraus sich vermuthen lässt, dass die minder auffallenden Einwirkungen und die Durchwärmuug des Sandsteins noch viel weiter gereicht haben mögen ***).

In weit kleinerem Maassstabe sind dergleichen durch Basalt hervorgebrachte prismatische Absonderungen am Granit (Roche-Rouge bei Le-Puy), am Basalttuff (Berg St. Michel daselbst), am Süsswasserkalkstein (Gergovia), und sehr häufig am Thone, und an der Steinkohle oder Braunkohle beobachtet worden; Meissner in Kurhessen, Ettingshausen im Vogelsgebirge, St. Saturnin in der Auvergne.

Manche psammitische, pelitische und mergelartige Gesteine sind durch

*) Vergl. v. Leonhard, Die Basaltgebilde, II, S. 357. In diesem reichhaltigen Werke sind sehr viele hierher gehörige Thatsachen zusammengestellt. Dass aber alle die erwähnten Veränderungen auch künstlich durch Feuer hervorgebracht werden können ist bekannt.

**) *A System of Geology*, *I*, *p*. 172.

***) Dana sah in der Steinkohlenformation von Neu-Südwales, an der Mündung des Hunter-River, ein Kohlenflötz durch einen nur 8 Fuss mächtigen Basaltgang auf 6 bis 8 Fuss weit verkokt, die Thonschichten aber auf 240 Fuss (80 yards) weit in

die Einwirkung des Basaltes in sogenannten Basaltjaspis (S. 722) umgewandelt worden; wie z. B. am hohen Parksteine bei Weiden in Baiern; am Boratscher Berge in Böhmen, wo ellengrosse Blöcke in eine lavendelblaue, von Porcellanit kaum zu unterscheidende Masse verwandelt worden sind, und am Wartenberge bei Donaueschingen, wo die jaspisartig gewordene Masse des Liasschiefers noch zuweilen organische Formen erkennen lässt. In anderen Fällen sind dergleichen Gesteine zu dichten harten Massen gefrittet worden, welche man mit Hornstein, Jaspis, Kieselschiefer (*chert*) zu vergleichen pflegt, obwohl sie natürlich nur die Härte und Dichtigkeit, keinesweges die chemische Natur dieser Gesteine angenommen haben*). So z. B. der Pläner am Kuzower Berge bei Trziblitz, am Panzner Hügel bei Bilin, und an vielen anderen Basaltbergen des Böhmischen Mittelgebirges; der Liasschiefer am Vorgebirge Portrush in Irland und bei Duntulm-Castle auf der Insel Sky. — Nach Henslow ist auch der Thonschiefer, auf der Insel Anglesea bei Plas-Newydd, an der Gränze eines mächtigen Basaltganges bis auf 30 und mehr Fuss Entfernung sehr auffallend verändert worden. In der unmittelbaren Berührung erscheint er als eine graue und röthliche, sehr dichte, harte, leicht zersprengbare, dem Porcellanjaspis ganz ähnliche Masse, deren Farbenstreifung noch der ursprünglichen Schieferstructur des Gesteins entspricht; weiterhin erhält er mehr eine hornsteinähnliche Beschaffenheit, und noch in 30 Fuss Abstand zeigt er sich bedeutend härter als gewöhnlich**). Diess stimmt ganz überein mit der Mittheilung von Hausmann, dass Thonschiefer, welcher zur Füllung hinter dem Kernschachte eines Hohofens zu Mägdesprung diente, durch die lange Einwirkung der Hitze ein kieselschieferähnliches Ansehen bekommen hatte.

Der Basalt umschliesst auch nicht selten Granitfragmente, welche bald gar keine, bald mehr oder weniger auffallende Veränderungen erlitten haben. Die Roche-Rouge bei Le-Puy enthält Granitstücke, welche ganz das Ansehen besitzen, als ob sie im Feuer gewesen wären***). Noch auffallender ist die Schmelzung des Feldspathes, der gebrannte Zustand des Glimmers und der schlackenähnliche Habitus der Granitstücke in den Schlacken des Mont-Denise bei Le-Puy und des Chuquet-Génestoup am Fusse des Puy-de-Dôme. — Auch bei dem Granite ist es bemerkenswerth, dass seine Gemengtheile, obwohl sie gebrannt und z. Th. geschmolzen wurden, doch noch wohl unterscheidbar neben einander liegen. Dass sich diess bei dem in gewöhnlichem Feuer erhitz-

eine blaue hornsteinähnliche Masse (*chert*) umgewandelt. (*The Amer. Journ. of sc., vol.* 45, *p.* 115.) Eine höchst auffallende Erscheinung, zu deren Erklärung Dana die Mitwirkung erhitzten Wassers in Anspruch nimmt.

*) Wirkliche Verkieselungen können wohl nur auf hydrochemischem Wege hervorgebracht werden.

**) Die hier erwähnte Erscheinung, dass in dem halbgeschmolzenen Gesteine doch noch die schiefrige Structur erkennbar geblieben ist, wird auch an denen im Feuer erweichten Gesteinen wahrgenommen. Gerhard schmolz schiefrigen Granulit, und fand, dass selbiger auch nach der Schmelzung aus abwechselnden ganz dünnen Lagen zusammengesetzt sei. Fournet bemerkt dasselbe von Schiefern, die zum Baue von Hohöfen gedient hatten.

***) Leonhard, Basaltgebilde, II, S. 418.

ten Granite gleichfalls so verhält, bemerkt schon Saussüre. Wenn man sich darüber belehren wolle, sagt er, wie sich die Granite durch Hitze verändern, so brauche man nur die Granitblöcke zu betrachten, welche im Chamounixthale zur Construction der Kalköfen gebraucht worden sind. Die am wenigsten veränderten Blöcke unterscheiden sich vom frischen Granite nur durch das matte und rissige Ansehen des Quarzes und den goldähnlichen Glanz des Glimmers; die stärker erhitzten Stücke zeigen zwar den Feldspath und Glimmer geschmolzen, allein ohne irgend eine Veränderung ihrer Lage. Er fügt noch hinzu, dass ihm Mossier in dem Krater Nid-de-la-Poule am Puy-de-Dôme Granitfragmente in Lava gezeigt habe, die ganz auf ähnliche Weise verändert waren *).

Dass aber die Dolerite und Anamesite zuweilen eine vollkommene Schmelzung des angränzenden Gesteins verursacht haben, diess lehrt die Beobachtung von Bunsen, welcher zufolge die Trappgänge Islands, da wo sie Trapptuff oder Phonolith durchschneiden, diese Gesteine sehr häufig auf mehre Fuss weit in eine obsidian- oder pechsteinähnliche Masse umgewandelt haben. Auch Krug v. Nidda berichtet, dass bei Djupavog auf Island eine zwischen zwei parallelen Doleritgängen eingeschlossene Thonsteinmasse in der unmittelbaren Berührung des Dolerites bis auf einen Fuss weit in einen dunkelblauen schiefrigen Obsidian verwandelt worden ist, welcher durch eine blaugraue hornsteinähnliche Masse in den unveränderten Thonstein übergeht**).

Ganz besonders auffallend sind auch diejenigen Einwirkungen, welche die Basalte und Dolerite auf Steinkohlen und Braunkohlen ausgeübt haben. Die Kohlen haben ihr Bitumen verloren, sind eisenschwarz, metallisch glänzend, spröde und klingend geworden, haben oft eine prismatische Absonderung angenommen, sind zuweilen bunt angelaufen, und erscheinen überhaupt mit solchen Eigenschaften, dass man sie nur entweder mit Anthracit, oder mit künstlichen Koks vergleichen kann. Die so metamorphosirten Kohlen gehen durch eine stetige Reihe von Abstufungen bis in die gewöhnliche, unveränderte Kohle über. Aus den Steinkohlenrevieren von England und Schottland sind zahlreiche Beispiele einer solchen Verkokung der Steinkohle durch basaltische Gesteine bekannt worden, und man muss wirklich erstaunen, wenn man bedenkt, auf welche grosse Abstände bisweilen diese Umwandlung Statt gefunden hat. So soll sich zu Cockfield-Fell in Durham die Einwirkung des Basaltes bis auf 90, und bei Blythe in Northumberland bis auf 120 F. weit erstrecken***). Am Meissner in Hessen liegt eine Basaltdecke von mehren 100 Fuss Mächtigkeit auf einem Braunkohlenlager, von welchem sie durch eine schmale Thonschicht getrennt wird. Desungeachtet ist die Braunkohle, abwärts auf 7 bis

*) *Voyages dans les Alpes*, §. 730, wo er diese Betrachtung mit der Bemerkung beschliesst: *l'action de la nature est dans les mêmes circonstances la même que celle de l'art, et comment pourroit on supposer le contraire? Les loix générales du monde physique n'agissent-elles pas dans nos laboratoires de la même manière, que dans les souterrains des montagnes?* —

**) Bunsen, in Ann. der Chemie und Pharmacie, Bd. 62, 1847, S. 56, und Krug v. Nidda, in Karstens Archiv, Bd. 7, 1834, S. 524.

***) Leonhard, Basaltgebilde, II, S. 370 u. 373.

8 Fuss weit, mehr oder weniger auffallend verändert worden; die dem Basalte zunächst liegenden Theile erscheinen als sogenannte Stangenkohle, eine stänglich oder prismatisch abgesonderte, ganz anthracitähnliche Steinkohle, und aus diesem Extreme der Umwandlung gelangt man ganz allmälig durch muschlige Glanzkohle und Pechkohle bis in die unveränderte Braunkohle. Aehnliche Umwandlungen hat die Braunkohle am Hirschberge bei Gross-Almerode erlitten, wo sie gleichfalls mit Basalt in Conflict getreten ist*).

Ueberblicken wir nun nochmals die bisher geschilderten Metamorphosen, welche so verschiedenartige Gesteine in ihrem Contacte mit Basalt und Dolerit erfahren haben, so erkennen wir, dass solche insgesammt als vollgiltige Beweise für die pyrogene Natur der basaltischen Gesteine zu betrachten sind. Wenn also auch in vielen anderen Fällen dergleichen Einwirkungen entweder gar nicht, oder nur in einem sehr geringen Grade nachgewiesen werden können, so dürfte dadurch die Beweiskraft der gegentheiligen Fälle keineswegs gelähmt werden, da ihre Zahl hinreichend gross und die Induction vollständig genug ist, um die auf sie gegründete Folgerung als eine ganz allgemein giltige zu rechtfertigen.

Die Gesteine der Trachytfamilie lassen zuweilen ähnliche Einwirkungen bemerken, obgleich solche bei ihnen nicht so häufig beobachtet worden sind, wie bei den basaltischen Gesteinen.

Ein paar Beispiele mögen genügen. Poullet Scrope berichtet, dass auf der Insel Ponza das Trachytconglomerat an der Gränze des dortigen säulenförmig abgesonderten Trachytes überall auf 2 bis 30 Fuss Abstand zu einem hyalinen, pechsteinähnlichen Gesteine von dunkel bouteillegrüner Farbe mit vielen Feldspath- und Glimmerkrystallen umgeschmolzen worden ist. Der Pechstein schneidet am Trachyte scharf ab, während er dagegen durch Mittelgesteine von grüner und gelber Farbe, und von etwas geringerer Dichtigkeit ganz allmälig in das erdige und zerreibliche Conglomerat übergeht. Es kann gar kein Zweifel darüber aufkommen, sagt Scrope, dass der Pechstein in diesem Falle umgeschmolzenes Trachytconglomerat ist, und dass die Hitze vom Trachyt ausging; der Fall ist besonders deshalb interessant, weil er die Möglichkeit einer vollständigen Umschmelzung des Nebengesteins bis auf 30 Fuss Entfernung darthut**).

August Reuss beschreibt die merkwürdigen Verhältnisse, unter welchen am Holai-Kluk bei Proboscht in Böhmen der dortige trachytähnliche Phonolith auf Braunkohle aufliegt. Die den Phonolith unmittelbar berührende Braunkohle ist eisenschwarz, vielfach zerborsten, stellenweise prismatisch abgesondert, auf den Klüften bunt angelaufen, und zeigt also ganz dieselben Veränderungen, wie solche am Meissner unter dem Basalte zu beobachten sind***).

Die Gesteine der Porphyrfamilie lassen nur selten solche Einwirkungen wahrnehmen, welche mit den bisher betrachteten verglichen

*) Leonhard a. a. O. S. 288 und 291.
**) *Trans. of the geol. soc. 2. ser., II, p.* 205.
***) Die Umgebungen von Teplitz, S. 110.

werden können; es ist diess um so auffallender, weil gerade die Porphyre sehr häufig im Contacte mit anderen Gesteinen zu beobachten sind, und weil ihre pyrogene Natur durch so manche andere Erscheinungen verbürgt wird. Sie nähern sich in dieser Hinsicht den Graniten, und es müssen daher eigenthümliche Verhältnisse gewaltet haben, durch welche für diese Gesteine die eigentlichen kaustischen Einwirkungen auf ihr Nebengestein in der Regel verhindert worden sind. Doch sind sie noch zuweilen bei den Porphyren beobachtet worden, wie folgende Beispiele lehren.

Davis erwähnt auf den Inseln bei Tremadoc in Caernarvonshire Gänge eines klingsteinähnlichen Porphyrs, in deren Contact der blaue silurische Thonschiefer auf mehre Fuss Abstand roth oder schwarz geworden, calcinirt und halb verglast ist*). Russegger beschreibt vom Dschebel-Gekdul in der Wüste Bahiuda sehr merkwürdige Verhältnisse zwischen einem quarzführenden Felsitporphyr und einer Sandsteinbildung, deren Gestein im Contacte mit dem Porphyr gefrittet, geschmolzen und zum Theil in eine völlig glasartige, schön bunt gefärbte Masse umgewandelt sein soll**). Indessen dürfte von diesen beiden Angaben die erstere in Betreff der von uns vorausgesetzten porphyrischen Natur, die andere in Betreff der angeblichen kaustischen Einwirkung des Gesteins noch zweifelhaft sein. Dagegen ist wohl mit Sicherheit eine Beobachtung von Hoffmann zu erwähnen, welcher bei Campiglia in Toskana Dolomit, im Contacte eines quarzführenden Porphyrs, in scharfe säulenförmige Stücke abgesondert sah. (Geognost. Beobb. auf einer Reise durch Italien und Sicilien, S. 27).

Besonders wichtig sind die, über die Umwandlung von Steinkohlen bekannt gewordenen Thatsachen, weil sich solche völlig an die ähnlichen Beispiele anschliessen, welche durch Basalt hervorgebracht wurden. Auf der Fixsterngrube bei Altwasser in Schlesien kommt quarzführender Thonsteinporphyr mehrfach mit Steinkohle in Contact. Beide Gesteine sind fest mit einander verwachsen, die Kohle aber erscheint auf 10 bis 20 Zoll Abstand eisenschwarz, halbmetallisch glänzend, bunt angelaufen, stänglich abgeson-

*) *Quarterly Journal of the geol. soc. II*, 1846, *p.* 72. Der Verf. nennt zwar das Gestein *clinkstone;* es dürfte jedoch wohl Porphyr sein, wie die mächtigeren Züge, welche er unter diesem Namen aufführt.

**) Neues Jahrb. für Min. 1838, S. 633, und Reisen in Europa, Asia u. Afrika, II, 2. S. 146. Indem wir diese, und weiter unten einige ähnliche Angaben Russeggers citiren, dürfen wir es nicht unerwähnt lassen, wie der berühmte Reisende schon im ersten Bande seines Werkes, S. 274, wo er dergleichen Umwandlungen der Aegyptischen und Nubischen Sandsteine im Allgemeinen bespricht, die Bemerkung macht, dass der scheinbar verglaste Habitus auch an vielen Orten vorkommt, wo durchaus keine pyrogenen Gesteine zu finden sind (wie z. B. am Dschebel Achmar bei Kairo) und dass daher wohl auch ein bloses Ausscheiden oder Zusammentreten der Kieselerde jenen Habitus verursacht haben könnte; was uns in der That die richtigste Interpretation zu sein scheint.

dert, hart und spröde, überhaupt von anthracitähnlicher Beschaffenheit. Aehnliche Erscheinungen sind auch auf anderen Gruben Niederschlesiens*), sowie nach Rozet und Dufrénoy in den Steinkohlenrevieren von Autun und Epinac in Frankreich beobachtet worden; ja, in dem Kohlengebirge an der unteren Loire soll die Steinkohle sogar graphitähnlich geworden sein.

Wie die Felsitporphyre so haben auch die Melaphyre nicht so gar häufig Metamorphosen hervorgebracht, welche sich unmittelbar als die Einwirkungen einer grossen Hitze zu erkennen geben.

Nach Steininger ist der Schieferthon an der Melaphyrkuppe des Harsberges bei Winterbach, nördlich von St. Wendel, und eben so bei Bliesen und Birkenfeld, wie eine Ziegelmasse gebrannt, roth und blaulichgrau gestreift; am Schaumberge aber, zwischen Tholei und Thelei, in grauen und schwarzen Porcellanjaspis oder in Basaltjaspis verwandelt. Warmholz gedachte schon früher derselben Erscheinungen, und bemerkte, dass diese Umbildungen der Schieferthonschichten am Abhange des Schaumberges oft auf mehr als 20 Schritt, auf der Höhe desselben noch bis auf 6 Lachter Abstand von der Melaphyrgränze zu beobachten sind. Derselbe Beobachter berichtet, dass auf der Steinkohlengrube Rothhell bei Sulzbach die Steinkohle von einem Trappgange stellenweise bedeckt wird, und dabei anthracitähnlich und stark zerklüftet erscheint, so wie dass ein grosses, aus Sandstein, Schieferthon und einer über ½ Fuss starken Kohlenlage bestehendes Fragment des Steinkohlengebirges, welches vom Trapp (Melaphyr) eingeschlossen war, eine Verkokung und prismatische Absonderung der Steinkohle, eine kieselschiefer- bis basaltjaspisähnliche Beschaffenheit des Schieferthons erkennen liess**).

Die Grünsteine, Diabase und Diorite, lassen wohl bisweilen ähnliche Veränderungen ihres Nebengesteins erkennen; doch sind sie auch bei ihnen weit seltener beobachtet worden, als bei den Basalten; dazu kommt, dass die mineralogische Zusammensetzung dieser Grünsteine oder sogenannten Diorite nicht immer hinreichend genau constatirt ist. Wir gedenken nur folgender Beispiele.

Nach Zeuschner soll der Diorit der Gegend von Teschen (Cieszyn) in dem Steinbruche von Wyzcze-Pastwiska die Fucoidenschiefer auf ganz ähnliche Weise umgewandelt haben, wie an der blauen Kuppe bei Eschwege der Basalt die Sandsteine (S. 774). Noch weit auffallender soll diess bei Kattowice, unweit Königshütte in Oberschlesien, der Fall sein, wo die Sandsteine und Schieferthone des Steinkohlengebirges im Contacte des Diorites zu Porcellanit und anderen gefritteten und halb verglasten Massen verwandelt worden

*) Zobel und v. Carnall, in Karstens Archiv, Bd. IV, 1831, S. 113, 130. Karsten fand, dass diese Kohlen 94 bis 99 Procent Kok liefern, und bestätigte die allgemeine Ansicht, dass der Porphyr eine förmliche Verkokung der Steinkohle verursacht habe.

**) Steininger, Geogn. Beschr. des Landes zwischen Saar und Rhein, 1840, S. 119; Warmholz, in Karstens Archiv, X, 1837, S. 388 und 421.

sind*). Jackson berichtet Aehnliches vom Thonschiefer an der Südspitze von Deer-Island in Maine, welcher im Contacte mit einem Grünsteingange theils zu einer weissen hornsteinähnlichen, theils zu einer schlackigen Masse umgeschmolzen wurde. Eben so erwähnt Stifft eine Localität an der sogenannten Hardt, bei Löhnberg im Herzogthum Nassau, wo die Grauwacke im Contacte des Diabases in lavendelblauen Porcellanjaspis umgewandelt ist. Auch verdient bemerkt zu werden, dass die Grünsteinbreccien des Voigtlandes und Fichtelgebirges sehr häufig Fragmente enthalten, welche, wie schon Freiesleben angiebt, dem Basaltjaspis ganz ähnlich sind, und dass nach De-la-Beche auch die Schieferfragmente im Grünstein von Kellan-Head in Devonshire ein porcellanartiges Ansehen besitzen**).

Dufrénoy berichtet, dass im Steinkohlengebirge von Brassac ein Grünsteingang aufsetzt, welcher zahlreiche Fragmente von Steinkohle umschliesst, die nicht nur verkokt, sondern auch prismatisch abgesondert sind. Endlich soll nach Böthlingk der Granit auf der Insel Kildin, östlich vom Kolaer Meerbusen, durch Dioritgänge eine säulenförmige Absonderung erhalten haben***).

Im Contacte des Granites und Syenites sind wohl noch niemals solche Erscheinungen nachgewiesen worden, welche sich ganz unzweifelhaft als wirkliche Frittungen und Verglasungen, überhaupt als kaustische Einwirkungen betrachten liessen. Die Zweifel, welche dadurch gegen die pyrogene Natur dieser Gesteine hervorgerufen werden könnten, dürften jedoch durch andere von ihnen ausgegangene Metamorphosen niedergeschlagen werden, welche mit ähnlichen, von unzweifelhaft pyrogenen Gesteinen verursachten Umbildungen vollkommen übereinstimmen.

Die einzigen mir bekannt gewordenen Angaben von Verglasungen rühren von Russegger her, welcher berichtet, dass bei Assuan in Aegypten der Sandstein durch Granit gebrannt, gefrittet und ganz zur glasigen Masse geschmolzen, der Thon und Mergel aber wie Ziegelmasse gebrannt sei; auch bei Chardum in Nubien soll der Sandstein mehrorts, z. B. am Dschebel-Melechat nicht nur gefrittet, sondern auch gänzlich zu einer dichten glasartigen, weissen oder buntfarbigen Masse, zu einem wahren Schlackenglase geschmolzen sein†). Wenn auch diese Erscheinungen einer anderen Deutung unterliegen dürften, so ist dagegen wohl eine ältere Angabe von Henslow zu

*) Neues Jahrbuch für Min. 1834, S. 12 und 1838, S. 583.

**) Stifft, Geogn. Beschr. des Herz. Nassau, S. 295; Freiesleben, Magazin für die Oryktographie, Heft III, S. 85; *De la Beche*, *Report on the Geol. of Cornwall*, *p*. 267.

***) *Dufrénoy*, in *Mém. pour servir à une descr. geol. de la France, I, p*. 307, und Böthlingk, im Neuen Jahrb. für Min. 1840, S. 719.

†) Neues Jahrb. für Min. 1837, S. 667 und 1838, S. 626; auch Reisen in Europa, Asia und Afrika, II, 1, S. 320, 618 u. a. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass sich alle diese Angaben nur auf glasähnliche Kieselgebilde beziehen.

beachten, welcher zufolge auf der Insel Anglesea die Geschiebe eines Conglomerates im Contacte mit Granit wie geschmolzen erscheinen. Wir bringen diess in Erinnerung, weil bei Clanzschwitz unweit Oschatz in Sachsen, nicht weit von der Gränze des dasigen Granites, ein Conglomerat mit sehr krystallinischer glimmerschieferähnlicher Grundmasse vorkommt, dessen aus gneissartigem Gesteine bestehende Geschiebe dermaassen plattgedrückt und langgezogen sind, als ob sie im erweichten Zustande einer Pressung und Streckung unterworfen gewesen wären.

§. 216. *Umkrystallisirung verschiedener Gesteine im Contacte mit pyrogenen Massen.*

Während die bisher betrachteten Contact-Metamorphosen mehr oder weniger an die gewöhnlichen Wirkungen des Feuers erinnern, so begegnen wir zahlreichen anderen Metamorphosen, welche zwar gleichfalls im Contacte pyrogener Gesteine Statt gefunden haben, aber nur mittelbar, d. h. durch Schlussfolgerungen als die Wirkungen einer hohen Temperatur erkannt werden können. Dahin gehören diejenigen Metamorphosen, welche sich im Allgemeinen als Umkrystallisirungen bezeichnen lassen, obwohl sie auch sehr häufig mit der Entwicklung eigenthümlicher Mineralspecies innerhalb des metamorphosirten Gesteins verbunden gewesen sind. Sie werden besonders am Kalksteine, am Thonschiefer und an anderen schiefrigen Gesteinen im Contacte solcher pyrogener Gesteine wahrgenommen, welche bis jetzt noch keine Beweise von wirklichen Frittungen, Verglasungen und ähnlichen kaustischen Einwirkungen geliefert haben. Merkwürdig ist es aber, dass diese Umkrystallisirungen der Gesteine oft auf sehr bedeutende Entfernungen hin Statt gefunden haben, und gar nicht selten mehre 1000 Fuss weit von der Contactfläche aus verfolgt werden können. Keilhau bemerkt z. B. dass sich in der Gegend von Christiania die Umwandlung des Kalksteins schon in 4000 bis 5000 Fuss Entfernung vom Granite bemerkbar macht, und vom Thonschiefer ist es in zahlreichen Fällen erwiesen, dass die verschiedenen Abstufungen seiner Metamorphose bis auf $^1/_4$ Meile von der Granitgränze hinausreichen. Diess dürfte aber wohl auch das Màximum des Abstandes sein, bis auf welchen sich in der Regel dergleichen Veränderungen nachweisen lassen; und die Hypothese, dass ähnliche Umwandlungen grosse Landstriche von hundert ja von tausend Quadratmeilen Ausdehnung betroffen haben, dürfte bis jetzt noch eines jeden Beweises ermangeln. Wenn wir also auch den Contact-Metamorphismus in vielen Fällen bis auf 6000 Fuss Entfernung anerkennen müssen, so vermögen wir uns doch nicht der Ansicht anzuschliessen, dass die mächtigen

und weit ausgedehnten Ablagerungen von schiefrigen krystallinischen Silicatgesteinen, wie sie z. B. im Erzgebirge, in Scandinavien und Finnland, in Centralfrankreich, in Brasilien auftreten, nur als metamorphische Thonschiefer, Grauwackenschiefer, Sandsteine und dergleichen zu betrachten seien.

In gleichem Sinne sagte auch Fr. Hoffmann, dass, wenn auch manche Thatsachen dafür sprechen, den Glimmerschiefer und Gneiss, da wo sie in beschränkter Ausdehnung nahe am Granit auftreten, für umgewandelte sedimentäre Schiefer zu erklären, ,,es doch etwas sehr und auch der lebhaftesten Einbildungskraft Widerstrebendes behält, auch die ungeheuer mächtigen und über Tausende von Quadratmeilen verbreiteten Gneissgebirge, Glimmerschiefermassen u. s. w. für Producte eines ähnlichen Processes zu halten"*). Rivière spricht sich in derselben Weise aus, wenn er sagt: *l'opinion, qui regarde les gneiss, les micaschistes etc. comme des roches de transition metamorphosées, est une veritable exagération; le metamorphisme n'est qu'un accident dans des limites très étroites;* und eben so scheint uns Boubée sehr richtig gegen die angebliche Transformation der Grauwacke und der Sandsteine in Gneiss und Glimmerschiefer zu eifern, obgleich wir darin mit ihm einverstanden sind, dass die Theorie des Metamorphismus innerhalb der gehörigen Gränzen wahr sei, und dass es auch einen Metamorphismus durch Hitze gebe, welcher aber nur im Contacte mit pyrogenen Gesteinen existirt und niemals weit hinausreicht**).

Da nun die anderweiten Verhältnisse derjenigen Gesteine, in deren Nähe dieser Contact-Metamorphismus wahrgenommen wird, und an deren Gegenwart er gebunden ist, dafür sprechen, dass es ihre hohe Temperatur gewesen sein müsse, durch welche sie gewirkt haben, während doch das Wärmeleitungs-Vermögen der metamorphosirten Gesteine sehr gering zu sein pflegt, so wird es allerdings schwierig, auf mehre tausend Fuss weit von der Contactfläche aus eine so intensive Durchwärmung derselben zu begreifen. Zur Beseitigung dieser Schwierigkeit hat schon früher Silliman die, neuerdings von Dana ausführlicher entwickelte Idee aufgestellt, dass die Hitze des Umwandlungsprocesses durch Vermittelung des Wassers auf grössere Entfernungen fortgeleitet worden sei. Dana hebt es zuvörderst hervor, wie gering der Abstand sei, auf welchen sich die Hitze glühender Körper den angränzenden Körpern mittheilt. Sollte also das Nebengestein z. B. auf 60 Fuss Entfernung gefrittet sein, so müsste es bis auf 45 Fuss geradezu geschmolzen sein; doch wie selten sei eine Spur von wirklicher Schmelzung zu entdecken, selbst da, wo die Umwandlung viel weiter hinausreicht. Fand aber die

*) Poggend. Ann. Bd. 16, 1829, S. 542.

**) *Bull. de la soc. géol. 2. sér., I, p.* 104 und *p.* 458.

ganze Operation unter Wasser Statt, und wurde das umgebende Wasser erhitzt, so konnte die Wirkung sich sehr weit erstrecken; denn in grosser Tiefe kann Wasser die Temperatur der Glühhitze erreichen, bevor es siedet*).

Obgleich nun gewiss in vielen Fällen eine solche Mitwirkung des Wassers Statt gefunden haben mag, so dürfte doch auch schon die völlige Umschliessung und hermetische Absperrung sehr grosser feurigflüssiger Massen innerhalb des festen Gesteins hinreichend gewesen sein, um eine weit ausgreifende Durchhitzung desselben zu bewirken. Denn die Metamorphose hat nur im Contacte sehr grosser pyrogener Massen auf bedeutende Distanzen hin Statt gefunden; sie scheint jenen Massen gewissermaassen proportional zu sein. Die Temperatur derselben war vielleicht gar nicht so hoch, dass sie eine völlige Schmelzung des mit ihnen in Contact gekommenen Gesteins verursachen konnte; wohl aber enthielten diese Massen einen ungeheuren Schatz von Wärme, welcher allmälig nach allen Richtungen fortgeleitet wurde. Das geringe Wärmeleitungs-Vermögen der angränzenden Gesteine liess diesen Wärmeausfluss nur sehr langsam erfolgen, und diese Gesteine waren also lange Zeit einer Temperatur ausgesetzt, welche, obgleich nicht hinreichend zu ihrer Schmelzung, dennoch hoch genug war, um sie zu erweichen, um eine innere Molecular-Thätigkeit in Gang zu bringen, und eine innere Umkrystallisirung zu veranlassen. Der geringe Grad von Durchwärmung wurde durch die lange Dauer derselben compensirt, und es lässt sich wohl denken, dass eine Cubikmeile Granit während ihrer Erstarrung den zunächst umgebenden Thonschiefer Jahrhunderte hindurch in einer Temperatur von mehren hundert Grad erhielt, und dass diese langwierige Erhitzung eine Metamorphose desselben zur Folge hatte**). Gerade der Umstand, dass die Gesteine schlechte

*) *The Amer. Journ. of sc. vol.* 45, 1843, *p.* 111. Auch Bunsen ist der Ansicht, dass die Mitwirkung des Wassers bei den Metamorphosen der Gesteine weit mehr zu berücksichtigen sein dürfte, als diess bisher geschehen ist, und glaubt, dass man diese Metamorphosen dereinst als hydatothermische und pyrokaustische, oder, wo Wasser und sehr hohe Temperatur zugleich gewirkt haben, als hydatokaustische unterscheiden werde. (Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 62, S. 16, Anm.) Uebrigens machte schon Lyell in seinen trefflichen *Elements of Geology,* (2. *éd.* 1841, *II*, *p.* 407) aufmerksam darauf, dass auch Dämpfe und Gase, welche das pyrogene Gestein aushauchte, von dem Nebengesteine, zumal wenn solches mit Wasser imprägnirt war, leicht aufgenommen und weit fortgeleitet werden konnten.

**) Man vergleiche auch die Bemerkungen von Durocher in seiner schönen Abhandlung über den Metamorphismus. *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. III*, *p.* 560.

Wärmeleiter sind, macht die Sache erklärlich; denn wäre die Wärme nicht sehr langsam durch sie fortgeleitet und dadurch die Zeit ihrer Erhitzung ausserordentlich verlängert worden, so würde dieselbe Erhitzung vielleicht nur sehr unbedeutende und kaum bemerkbare Spuren einer Veränderung hinterlassen haben.

Wie höchst auffallend übrigens und wie weit ausgreifend die Contact-Metamorphose in vielen Fällen gewirkt hat, so dürfen wir doch keinesweges erwarten, ihr in allen Fällen zu begegnen. Denn es wurde jedenfalls eine anhaltende Dauer der Einwirkung erfordert, um einigermaassen bedeutende Umbildungen zu bewerkstelligen. Daher finden wir denn auch in der Regel nur an der Gränze sehr grosser Massen von pyrogenen Gesteinen die Umkrystallisirung sehr weit gediehen, während kleine Massen nur eine geringe, noch kleinere Massen aber fast gar keine Einwirkung erkennen lassen.

Indessen haben doch auch bisweilen kleinere pyrogene Gesteinsmassen und namentlich schmale Gänge, d. h. Ausfüllungsmassen von Spalten, eine, verhältnissmässig zu ihren Dimensionen recht auffallende und weit reichende Metamorphose hervorgebracht. In solchen Fällen dienten diese Spalten als Ausflusscanäle, durch welche vielleicht Monate lang und noch länger ein ununterbrochener Strom von feurigflüssigem Material hervorgetrieben wurde. Die solchergestalt fortwährend erneuerte Berührung mit dem glühendheissen Materiale konnte dann eine ziemlich bedeutende Metamorphose des Nebengesteins verursachen, welche aber nicht sowohl dem Einflusse der innerhalb der Spalte zuletzt erstarrten Masse des Ganges, als vielmehr dem Einflusse jener langwierigen Erhitzung zuzuschreiben ist, welche die Seitenwände der Spalte während der ganzen Dauer der Eruption erfahren mussten. — Bei solchen schmäleren Gängen von pyrogenen Gesteinen, deren Spalten nicht als Ausflusscanäle anhaltender Eruptionen gedient haben, sondern gleichsam mit einem Anlaufe ausgefüllt worden sind, werden auch gewöhnlich gar keine oder nur sehr unbedeutende Veränderungen des Nebengesteins wahrgenommen.

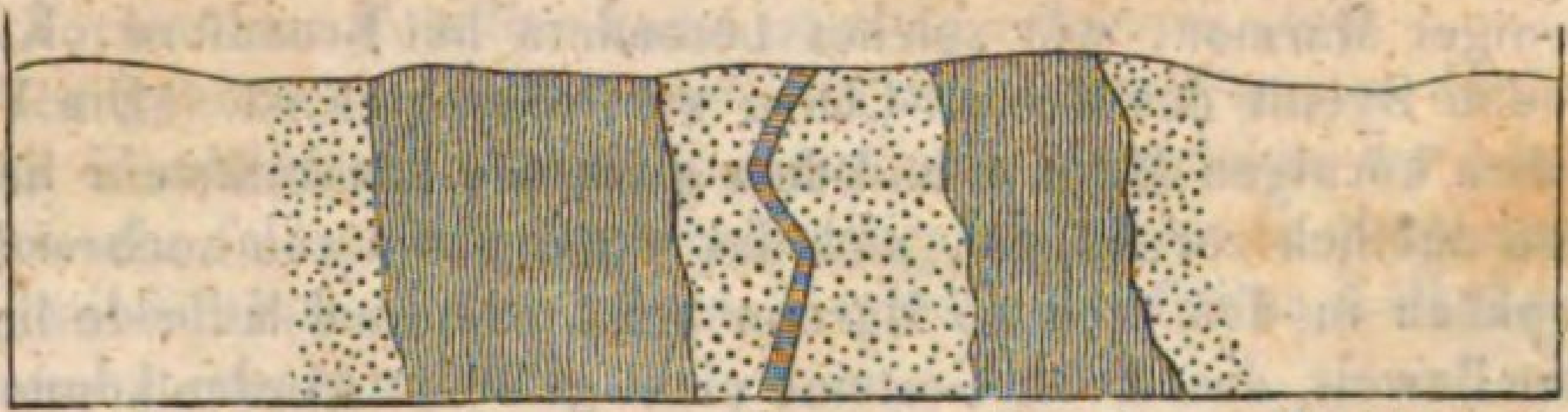
Wir wollen nun einige der merkwürdigsten Fälle solcher inneren Umkrystallisirungen etwas genauer betrachten.

§. 217. *Umkrystallisirung der Kalksteine.*

Wo dichte oder kryptokrystallinische Kalksteine mit pyrogenen Gesteinen in Contact getreten sind, da zeigen sie oft eine sehr auffallende Veränderung ihrer Eigenschaften. Die graue oder dunkle Farbe ist in eine weisse oder doch lichte Farbe, die dichte oder höchst feinkörnige

Textur ist in eine krystallinisch-grobkörnige Structur übergegangen; das Gestein erscheint glänzend, durchscheinend, oft als ein schneeweisser prächtiger Marmor. Enthält es im unveränderten Zustande organische Formen oder Ueberreste, so pflegen dieselben gänzlich verschwunden oder doch mehr oder weniger obliterirt zu sein; eben so ist die Schichtung undeutlich geworden oder durchaus verloren gegangen. Dagegen finden sich nicht selten, zumal in der Nähe des Contactes, mancherlei Silicate, besonders von Kalkerde, Talkerde und Thonerde, bisweilen auch andere Mineralien, darunter Zinkblende, Bleiglanz und andere Schwefelmetalle, als accessorische Bestandtheile ein. Dieser metamorphische Habitus des Kalksteins geht in grösserer Entfernung von dem pyrogenen Gesteine durch ganz allmälige Abstufungen in den gewöhnlichen Habitus über; zum offenbaren Beweise, dass das pyrogene Gestein als die Ursache des Metamorphismus betrachtet werden muss*). Nicht selten kommt es auch vor, dass der, ausserdem marmorähnlich gewordene Kalkstein unmittelbar an der Contactfläche in ein dichtes, hartes, dunkler gefärbtes Gestein umgewandelt worden ist, aus welchem sich erst weiterhin der krystallinische Marmor entwickelt.

Sehr interessant sind die von Berger, Conybeare und Buckland geschilderten Erscheinungen auf der kleinen Insel Rathlin, an der Küste von Antrim in Irland**). Dort werden die Schichten der Kreide von zwei parallelen Basaltgängen, deren einer 35, der andere 20 Fuss mächtig ist, dergestalt durchsetzt, dass sie durch ein 35 Fuss mächtiges Zwischenmittel von Kreide abgesondert werden, wie beistehender Grundriss zeigt.



Kreide. Basalt. Marmor. Basalt. Kreide.

*) Für die Möglichkeit einer Umkrystallisirung ohne eine völlige Schmelzung, wie solche bei den Kalksteinen allerdings angenommen werden muss, zeugt der bekannte, von Elie de Beaumont erwähnte Versuch, welcher zu Creuzot angestellt worden ist. Ein Stück Stabeisen wurde mit dem einen Ende einige Zeit lang in geschmolzenes Roheisen getaucht; als man es herauszog, hatte es eine krystallinisch-grossblättrige Structur angenommen, während sich der ausserhalb des Roheisens gebliebene Theil unverändert zeigte. Ganz ähnliche Beobachtungen sind schon vor längerer Zeit von Zinken mitgetheilt worden. Roststäbe aus einem Blechglühofen fand er krystallinisch-grosskörnig geworden, so dass die einzelnen Eisenkrystalle bis 3/4 Zoll Durchmesser hatten. (Breislak, Lehrb. der Geol., übers. von v. Strombeck, III, S. 692.)

**) *Trans. of the geol. soc. III, p.* 210, und *Lyell Elements of Geology, II, p.* 221.

Dieses, ausserdem noch von einem fussstarken Basaltgange im Zickzack durchschnittene Zwischenmittel ist nun durchaus in krystallinisch-körnigen Marmor umgewandelt; dasselbe ist mit der, ausserhalb der Basaltgänge befindlichen Kreide auf mehre Fuss weit der Fall, worauf ein ganz allmäliger Uebergang in die gewöhnliche Kreide Statt findet; die Versteinerungen sind in der umkrystallisirten Kreide, welche dicht am Basalte dunkelbraun erscheint, spurlos verschwunden.

In Northumberland, unweit Caldron-Snout am nördlichen Ufer des Tees, sah Sedgwick unter einer mächtigen Trappdecke eine Schicht des dasigen grauen dichten Kalksteins so weiss und krystallinisch, wie Parischen Marmor; am südlichen Tees-Ufer aber, bei White-Force, ist der vom Trapp bedeckte Kalkstein in einer Mächtigkeit von wenigstens 40 Fuss als körniges, blau gefleckttes, ungeschichtetes Gestein ausgebildet, während sich ein Streifen desselben, welcher in den Trapp hineinragt, durch seine Weisse und krystallinische Textur in hohem Grade auszeichnet. Auf der Insel Man hat der Kalkstein ganz ähnliche Umbildungen durch Trappgänge erlitten, welche ihn mehrfach durchschneiden; im Contacte derselben sind seine Schichtung und seine organischen Formen verschwunden, die dichte Textur ist krystallinisch-körnig, und die dunkelgraue Farbe ist lichtgrau und weiss geworden*).

Auch Grünsteine haben zuweilen in ähnlicher Weise gewirkt; so soll nach Zeuschner bei Stanislawice unweit Teschen der graue dichte Kalkstein durch Diorit bis auf 15 Fuss Entfernung in grobkörnigen blauen Marmor umgewandelt sein; dasselbe berichtet Russeger von Kaafjord in Norwegen.

Weit entschiedener sind jedoch die Umkrystallisirungen, welche der Kalkstein so häufig im Contacte mit Syenit und Granit erfahren hat. Auf der Insel Sky erscheinen die grauen dichten Kalksteine der Liasformation, nach den übereinstimmenden Berichten von Macculloch, von v. Dechen und v. Oeynhausen im Contacte des Hypersthenites und Syenites als weisser, krystallinisch-körniger Marmor, wie solches besonders bei Broadford, Kilbride und rings um den Syenit des Ben-na-Charn zu beobachten ist. Die Verbindung zwischen dem körnigen Marmor und dem gemeinen Liaskalkstein liegt an vielen Puncten deutlich vor Augen, und das Vorkommen von noch wohl erkennbaren Gryphäen in dem weissen Marmor bei Corrie und Kilbride liefert einen schlagenden Beweis, dass beide Gesteine nicht getrennt werden können**). Am Fusse des Syenitberges Skrimfjeld in Norwegen ist der dichte, graue Kalkstein der Silurformation auf sehr bedeutende Distanzen in weissen körnigen Marmor umgewandelt, welcher z. Th. Grammatit und andere Silicate enthält, und nur äusserst selten noch eine Spur der in ihm sonst so gewöhnlichen organischen Formen erkennen lässt. Der Syenit des Monzoniberges in Tyrol und der Syenit-Granit von Predazzo daselbst haben die angränzenden dichten und geschichteten Kalksteine auf viele hundert bis tausend Fuss Abstand in den Zustand eines krystallinisch-körnigen schneeweissen Marmors versetzt, welcher

*) Sedgwick und Macculloch, nach v. Leonhard's Basaltgebilden, II, S. 383 ff.

**) *Macculloch*, *Descr. of the Western Islands*, *I*, *p.* 315 f.; v. Oeynhausen und v. Dechen in Karstens Archiv, I, S. 41 f.

zuletzt oft keine Spur von Schichtung mehr erkennen lässt, nahe im Contacte aber nicht selten mit Vesuvian, Gehlenit und Hornblende erfüllt ist*).

Noch mögen für die durch Granit hervorgebrachte Umkrystallisirung des Kalksteins folgende Beispiele erwähnt werden. H. Rogers sah südwestlich von Sparta im Staate New-Jersey einen blaulichgrauen erdigen Kalkstein der Silurformation, welcher im Contacte einer Granitmasse bis auf 50 Fuss weit alle möglichen Uebergänge in weissen Kalkspath erkennen lässt. Das Gestein wird erst semikrystallinisch, dann lichtet sich seine Farbe, während sich zugleich kleine Graphitschuppen ausscheiden; bald erscheinen einzelne Partieen von weissem körnigem Kalkstein mit grösseren Graphitschuppen, und endlich stellt das Gestein ein Aggregat von weissen Kalkspathkörnern dar, welches stellenweise mit dem Granite so innig verflochten und verschmolzen ist, dass man keine scharfe Gränzlinie zu erkennen vermag**).

Der Granit von Drammen in Norwegen hat auf den angränzenden Kalkstein der Silurformation ganz ähnliche Einwirkungen ausgeübt, wie der Syenit des Skrimfjeld. Der Kalkstein ist auf grosse Entfernungen in weissen Marmor verwandelt, und nahe im Contacte mehr oder weniger mit Silicaten, namentlich mit Granat und Wollastonit, erfüllt worden.

Dufrénoy und Coquand haben sehr interessante Erscheinungen aus den Pyrenäen kennen gelehrt. Bei Vicdessos wird der graue, dichte Kalkstein der Liasformation in der Nachbarschaft des Granites weiss und krystallinisch-körnig; ja, am See Lherz, wo eine Kalksteinzone beiderseits von Granit eingefasst wird, zeigt solche nach beiden Seiten hin diese Veränderung; man erkennt die vollständigsten Uebergänge aus dem dichten bis in den krystallinisch-grobkörnigen Kalkstein, welcher dicht vor dem Granite Krystalle von Granat, Grammatit und Couzeranit umschliesst. Bei Lacus, im oberen Thale des Ger, wird ein schwarzer, dichter, fossilreicher Kalkstein im Contacte mit Granit marmorähnlich und ganz erfüllt mit Couzeranitkrystallen, zwischen denen die Formen der Fossilien kaum noch zu erkennen sind.

Hierher gehören vielleicht auch die an mehren Puncten der Alpen vorkommenden Erscheinungen, wo die merglichen Kalksteine der Liasformation im Contacte sehr feldspathreicher gneissartiger Gesteine in einen sehr krystallinischen, mit Granaten und Couzeranitkrystallen erfüllten Kalkglimmerschiefer umgewandelt worden sind.

*) An der Wirklichkeit dieser, von den ausgezeichnetsten Geologen beobachteten Erscheinungen ist durchaus nicht zu zweifeln; aber eben so wenig daran, dass es wirklich der geschichtete Kalkstein der dortigen Secundärformationen ist, welcher diese Umwandlung erlitten hat, indem die von Petzholdt aufgestellte Ansicht, dass dieser (oft mit Magnesiahydrat imprägnirte und deshalb von ihm als ein selbständiges Mineral unter dem Namen Predazzit eingeführte) Marmor dem Uebergangsgebirge angehöre, aller Begründung entbehrt. Wenn man von Predazzo aus thalabwärts gegen Ziano hin das rechte Thalgehänge untersucht, so überzeugt man sich, dass dieselben dichten Kalksteine, welche dort anstehen, in ihrer weiteren Fortsetzung gegen Predazzo allmälig immer krystallinischer werden, und zuletzt als körniger, blendendweisser Marmor endigen.

**) *Report on the Geol. of New-Jersey, p.* 73.

§. 218. *Umkrystallisirung von Thonschiefer und Grauwackenschiefer.*

Der Thonschiefer lässt im Contacte mit Granit sehr häufig eine Reihe von metamorphischen Bildungen erkennen, welche zwar im Allgemeinen den Charakter von Umkrystallisirungen an sich tragen, gewöhnlich aber auch mit der Ausbildung eigenthümlicher Mineralspecies verbunden sind. Das Gestein entwickelt zuvörderst eine feinschuppige krystallinische Textur, bei welcher die Glimmerschuppen schon deutlich zu erkennen sind; gleichzeitig finden sich rundliche oder längliche, dunkelbraune bis grünlichschwarze Flecke ein, durch welche das Gestein wie gesprenkelt erscheint; diese Flecke sind anfangs unbestimmt contourirt, erhalten weiterhin schärfere Contoure, verdicken sich zu kleinen Concretionen einer fahlunitähnlichen Substanz, oder nehmen auch zuweilen eine garbenförmige Gestalt an. So entstehen die sogenannten Fleckschiefer, Fruchtschiefer und Knotenschiefer (S. 559), die Spilosite Zinkens*), deren Grundmasse gewöhnlich schon wie ein sehr feinschuppiger Glimmerschiefer erscheint. Noch näher gegen den Granit entwickelt sich der Glimmer immer deutlicher, viele grössere, oft lanzettförmig gestaltete Schuppen desselben drängen sich in einer auf der Structur-Ebene des Gesteins fast rechtwinkligen Lage ein, die Flecke lösen sich zu körnigschuppigen Partieen auf, und das Gestein erhält eine sehr krystallinische, oft gestreifte oder gebänderte Structur (Zinkens Desmosit oder Bandschiefer). Weiterhin finden sich feine Feldspathkörner ein, welche immer häufiger werden; der krystallinische Habitus steigert sich immer mehr, die Parallelstructur wird immer undeutlicher, und endlich erreicht man jene äusserst festen und schwer zersprengbaren, krystallinisch-körnigen, düster gefärbten gneissartigen Gesteine, welche oben S. 566 als Cornubianit aufgeführt worden sind.

Es scheint fast überflüssig, Beispiele für diese Metamorphosen anzuführen, da sich solche fast überall vorfinden, wo grössere Ablagerungen von Granit im Gebiete des Thonschiefers zu Tage austreten. So in Sachsen, am linken Elbufer in der Linie von Wesenstein nach Leuben, in der Umgebung der Kirchberger und der Lauterbacher Granitpartie; in Cornwall und Devonshire, in der Bretagne und in sehr vielen anderen Gegenden.

Nicht selten entwickeln sich im Thonschiefer Krystalle von Chiastolith, was zumal bei den dunkelblaulichgrauen und blaulichschwarzen Varietäten der Fall ist, und häufig gleichfalls mit der Ausbildung einer feinschuppigen krystallinischen Textur des ganzen Gesteins verbunden zu

*) Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 19, 1845, S. 583 f.

sein pflegt. So entstehen die Chiastolithschiefer (S. 559), welche bisweilen schon einen sehr glimmerschieferähnlichen Habitus besitzen*). Seltener wie z. B. bei Mauléon und an anderen Orten in den Pyrenäen, erfüllt sich der Thonschiefer mit sehr vielen kleinen Dipyrkrystallen, und geht dadurch in Dipyrschiefer über**).

In anderen Fällen werden die Thonschiefer förmlich in Glimmerschiefer umgewandelt, wobei sie theils durch das Stadium der Fleckschiefer hindurchgehen, theils auch Chiastolith, Andalusit oder Staurolith führen, deren Krystalle dann auch noch im Glimmerschiefer oft häufig enthalten sind. Der so gebildete Glimmerschiefer selbst ist aber in der Nähe des Granites gar nicht selten mit Feldspath dermaassen erfüllt worden, dass er als ein vollkommener Gneiss erscheint; eine Umwandlung, welche auch häufig in solchen Gegenden wahrgenommen wird, wo der Granit mitten im Glimmerschiefer auftritt.

Die Chiastolithschiefer und Staurolithschiefer sind z. B. in den Pyrenäen und in der Bretagne eine sehr gewöhnliche Erscheinung; dass sie aber ursprünglich sedimentäre Thonschiefer waren, diess beweist die interessante Entdeckung von Boblaye, welcher mitten in den Chiastolithschiefern von Les-Salles-de-Rohan bei Pontivy viele organische Ueberreste, namentlich von *Orthis* und *Calymene* fand***). Die Chiastolithschiefer sind auch ausserdem nicht selten, jedenfalls aber wohl nur in der Umgebung oder in der Nachbarschaft von Granit-Ablagerungen zu finden, so dass man aus ihrem Vorkommen fast mit Sicherheit auf das Dasein von Granit schliessen kann. So erscheinen sie auch in Sachsen z. B. bei Strehla, Leuben und Mechelsgrün. Die Umwandlungen des Thonschiefers in Glimmerschiefer gehören gleichfalls zu den sehr gewöhnlichen Erscheinungen; ein sehr ausgezeichnetes Beispiel findet sich in Sachsen nördlich von Oschatz, wo der Thonschiefer von Wellerswalde, in seiner östlichen Fortsetzung bei Lübschitz und Clanzschwitz, dicht vor dem Granite, zu einem

*) Sehr interessante Bemerkungen über die Bildung der Chiastolithe gab Durocher in seiner oben erwähnten Abhandlung, S. 553 ff.

**) Dass in diesem Falle die Umbildung des Gesteins ohne eine wesentliche Veränderung seiner chemischen Zusammensetzung Statt gefunden habe, diess beweisen die Angaben von Coquand, welcher vier Analysen von eben so vielen Gesteinsproben aus den unveränderten Schiefern bis in den Dipyrschiefer mittheilt, welche alle fast dieselbe chemische Zusammensetzung ergaben. *Bull. de la soc. géol. XII*, 1841, *p.* 322. Es ist sehr wünschenswerth, dass recht viele solche Analysen von Gesteinsreihen aus dem Gebiete der metamorphischen Gesteine angestellt würden, weil nur durch sie die Frage beantwortet werden kann, ob die Metamorphose in einer blossen Umkrystallisirung bestand, oder ob sie zugleich mit der Aufnahme oder auch mit der Ausscheidung gewisser Stoffe verbunden war. Schon Virlet d'Aoust hat auf die Wichtigkeit solcher Analysen hingewiesen. *Bull. de la soc. géol. 2. sér. I, p.* 830, Anm.

***) *Bull. de la soc. géol. X, p.* 227.

ausgezeichneten, oft andalusitreichen Glimmerschiefer metamorphosirt ist. Die Umwandlung des Glimmerschiefers in einen sehr feldspathreichen Gneiss ist aber besonders schön in der Gegend von Schwarzenberg, am Wege von Antonshütte nach Erlhammer zu beobachten *).

Aehnliche Metamorphosen des Thonschiefers, wie solche so häufig durch Granit hervorgebracht wurden, lassen sich auch in der Nähe des Granulites beobachten. Diess ist wenigstens ganz bestimmt der Fall in Sachsen, wo zwischen Döbeln und Hohenstein eine der grössten bekannten Granulit-Ablagerungen existirt, in deren Umgebung der Thonschiefer ganz allmälig in Glimmerschiefer übergeht, welcher letztere gewöhnlich dicht vor dem Granulite zu einem eigenthümlichen gneissartigen Gesteine wird, in welchem ausser dem Feldspathe auch sehr viel Cordierit enthalten ist.

Dass die vom Granite oder Granulite umschlossenen Fragmente des Thonschiefers und Glimmerschiefers ähnlichen Umwandlungen unterliegen mussten, diess lässt sich erwarten. Und in der That finden wir auch sehr häufig, dass dergleichen Bruchstücke eine mehr oder weniger auffallende Umkrystallisirung, eine Imprägnation mit Feldspath, und nicht selten eine völlige Metamorphose zu gneissähnlichen Gesteinen erlitten haben. Oft erscheinen sie, sowie auch die Fragmente von Gneiss, Hornblendschiefer und anderen Gesteinen, sehr unbestimmt contourirt, gleichsam verschmolzen und innig verflösst mit der Masse des sie einhüllenden Granites, während sie in anderen Fällen sehr scharf abgesondert sind. Nicht selten zeigen die kleineren Fragmente sehr auffallende Veränderungen, wogegen die grösseren Fragmente nur wenige Anzeigen einer Statt gefundenen Einwirkung erkennen lassen. Bisweilen sind aber auch colossale, hausgrosse und grössere Bruchstücke durchaus umgewandelt worden, während anderwärts kleine und sehr kleine Bruchstücke scheinbar unverändert geblieben sind.

Einen interessanten Fall der Art beschreibt Jackson vom Berge Pequawket in New-Hampshire; derselbe besteht aus glimmerfreiem Granit, welcher durch Thonschiefer hervorgebrochen ist; der Granit ist ganz erfüllt mit Thonschiefer-Fragmenten, welche nach unten sehr gross sind, dann immer kleiner werden, und am Gipfel des Berges nur noch als kleine Splitter erscheinen. Alle aber sind scharfkantig und durchaus ungeschmolzen. Jackson schliesst hieraus, der Granit könne nicht glühendheiss gewesen sein, obwohl er sich in einem zähflüssigen Zustande befinden musste **). Die Beispiele für das Ge-

*) Geognost. Beschr. des Königreichs Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, S. 194.

**) *The American Journ. of sc., vol.* 45, 1843, *p.* 145.

gentheil, d. h. für eine Umwandlung der eingeschlossenen Fragmente, sind so häufig, dass sie fast in jeder Granitregion angetroffen werden.

Wenn sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, dass wirklich viele, und nicht unbedeutende Massen von Glimmerschiefer und Gneiss als metamorphische Bildungen zu betrachten sind, so dürfen wir es doch nicht vergessen, dass in allen solchen Fällen die Metamorphose wirklich als solche nachzuweisen ist; dass die verschiedenen Stadien derselben durch eine Reihe von Gesteins-Varietäten ausgedrückt werden, welche die beiden Extreme des ganz unveränderten und des höchst veränderten Zustandes in stetigen Zusammenhang bringen, dass endlich die Ursache der Umwandlung in gewissen Gesteinsmassen von pyrogener Natur deutlich vor Augen liegt, und dass sich der Einfluss der Metamorphose doch nur auf solche Entfernungen erstreckt, welche die Sache noch einigermaassen begreiflich erscheinen lassen. Die Umwandlung des Thonschiefers pflegt z. B. in Sachsen auf eine Zone von höchstens 6000 F. Breite beschränkt zu sein; sie sinkt oft auf einen Raum von nur wenigen 100 Fuss Breite herab, kann aber bei kleineren granitischen Ablagerungen noch geringfügiger und endlich ganz unscheinbar werden. Nach Durocher erstrecken sich die Chiastolithschiefer der Bretagne gewöhnlich auf 4000 bis 5000 Fuss, stellenweise aber, wie z. B. bei Redon, bis auf 9000 Fuss Abstand von der Granitgränze. Eben so finden sich dort die Fleckschiefer meist bis auf 6000 Fuss, da aber, wo sich zwei Granitmassen begegnen, zuweilen auf doppelt so grosse Entfernung. Die Staurolithschiefer reichen bei Coray bis auf 9000 und 12000 Fuss von der Granitgränze*).

Dass aber wenigstens analoge Umwandlungen des Thonschiefers auch durch ganz unzweifelhafte pyrogene Gesteine hervorgebracht werden konnten, dafür sprechen unter anderen folgende Thatsachen. Mitscherlich fand in der basaltischen Lava bei Hohenfels in der Eifel Thonschieferfragmente eingeschlossen, welche alle möglichen Abstufungen der Veränderung erkennen liessen, als deren Extrem sich eine Umbildung zu einem Aggregate von Glimmerkrystallen herausstellte. Dasselbe zeigen nach v. Leonhard manche der in den Basalten des Hinkels Moor und in der Lava von Nieder-Mendig eingeschlossenen Thonschieferstücke**). — Bei Plas-Newydd auf Anglesea, von wo wir bereits Frittungen des Thonschiefers durch Basalt kennen gelernt haben, sind auch manche Thonschieferschichten im Contacte des Basaltes zu einer verworren krystallinischen Structur und zu einer eigenthümlichen Entwicklung von polyëdrischen Körnern gelangt, welche letztere an solchen Stellen, wo der Schiefer von Kalksteinlagen durchzogen wird, als deutliche Granatkrystalle

*) Durocher, a. a. O. p. 606 ff.

**) Leonhard, Basaltgebilde, II, S. 244.

ausgebildet sind. — Auf der Insel Gariveilan, einer der Hebriden, hat der Schiefer in der Nähe des Trappes eine förmliche oolithische Structur angenommen, indem er aus lauter bis erbsengrossen Kugeln besteht, welche sich zum Theil zu Polyëdern comprimirt haben*).

Die Grauwackenschiefer und die feineren Grauwacken haben im Contacte grösserer Granitmassen eigenthümliche Umwandlungen erlitten, in Folge welcher sie als sogenannter Hornfels erscheinen. Dieser Hornfels schliesst sich einigermaassen an die Fleckschiefer und Cornubianite an, scheint wesentlich ein Gemeng von vielem Quarz, wenig Feldspath und etwas Schörl zu sein, zeigt meist graue, braune bis schwärzliche Farben, feinkörnigen bis splittrigen Bruch, ist fest und schwer zersprengbar, mehr oder weniger deutlich geschichtet, und hält oft tombakbraunen Glimmer, Schörl, Chlorit, selten kleine Krystalle von braunem Granat. Er findet sich besonders ausgezeichnet am Harze, in der Umgebung der beiden Granitmassen des Brockens und Ramberges, scheint aber auch anderwärts vorzukommen, wo grössere Granit-Ablagerungen im Gebiete des Grauwackenschiefers und der Grauwacke hervortreten, und geht so allmälig in diese letzteren Gesteine über, dass er jedenfalls durch eine Metamorphose derselben entstanden ist**).

Sogar Conglomerate haben zuweilen in der Nachbarschaft des Granites oder Syenites eine entschiedene Metamorphose erlitten, welche jedoch gewöhnlich nur das Cäment in recht auffallender Weise betroffen zu haben scheint. Dieses Cäment, welches ursprünglich die Beschaffenheit eines Thonschiefers oder Grauwackenschiefers haben mochte, ist nämlich in eine glimmerschieferähnliche Masse umgewandelt worden, so dass das ganze Gestein als ein conglomeratartiger Glimmerschiefer erscheint. So sollen die berühmten Conglomerate von Valorsine stellenweise ein ganz glimmerschieferähnliches Cäment haben***). In Massachusetts kommt nach Lyell Glimmerschiefer vor, welcher Geschiebe von Granit und Quarz enthält, und daher nothwendig eine metamorphische

*) *Macculloch*, in *Trans. of the geol. soc. II, p.* 395; Sollte nicht der von Schneider (Rheinland-Westphalen, IV, 354) erwähnte sogenannte Perlstein im Basalte des Mühlberges bei Holzappel etwas Aehnliches sein?

**) Vergl. über den Hornfels: Hausmann im Hercynischem Archiv für Berg- und Hüttenkunde, 1805, S. 653, und in den Norddeutschen Beiträgen, Stück 2, 1807, S. 65; Keferstein, in Teutschland geognostisch-geologisch dargestellt, Bd. VI, Heft 3, 1830, S. 378, und Zinken in Karstens Archiv V, 1832, S. 347 f.

***) Favre fand auch in diesem Conglomerate die S. 449 besprochene Erscheinung von Geröllen mit Eindrücken anderer Gerölle. Neues Jahrb. für Min. 1849, S. 42.

Bildung sein muss. Am Berge Shehallien in Schottland tritt nach Macculloch ein Conglomerat auf, welches aus grossen Bruchstücken von Granit und Quarzit besteht, die durch Glimmerschiefer verbunden sind; die Quarzstücke erscheinen bisweilen zersprungen, und dann ist die Glimmerschiefermasse in die so gebildeten Risse eingedrungen*). Auch gehört wohl hierher das oben S. 781 erwähnte merkwürdige Conglomerat von Clanzschwitz bei Oschatz, dessen Gerölle eine wirkliche Erweichung erlitten zu haben scheinen.

Endlich sollen auch gewöhnliche Sandsteine oder Quarzpsammite durch die Einwirkung von Granit, Syenit und anderen pyrogenen Gesteinen nicht selten in Quarzite umgewandelt worden sein. Es werden aus Schottland, England, Scandinavien, aus der Bretagne, dem Harze und aus anderen Gegenden viele Beispiele für diese Umwandlung angeführt, und es mag sich vielleicht auch in vielen Fällen die Sache wirklich so verhalten. Indessen ist es einleuchtend, dass zur Erklärung derselben die von dem pyrogenen Gesteine ausgehende Erhitzung allein nicht ausreicht; denn es würde schwer zu begreifen sein, wie eine zwar lange dauernde, aber doch nicht sehr excessive, und jedenfalls weit unter der Schmelzhitze der Kieselerde zurückbleibende Temperatur-Erhöhung einen klastischen Sandstein in krystallinischen Quarzit verwandeln solle. Gerade diese Metamorphose gehört daher zu denjenigen Beispielen des Contact-Metamorphismus, welche ohne Mitwirkung des Wassers schlechterdings undenkbar sind**).

Auch durch die Porphyre sind die Thonschiefer, Grauwackenschiefer und ähnliche Gesteine oft sehr auffallend verändert worden. Fournet hat eine allgemeine Schilderung dieser Metamorphosen gegeben, welche sich besonders als Verdichtungen, Erhärtungen und Imprägnationen mit Feldspath (*Feldspathisation*) zu erkennen geben***). An den Bruchhauser Steinen, vier grossen Porphyrkuppen unweit Brilon in Westphalen, hat Nöggerath die Erscheinung sehr schön beobachtet. Der Thonschiefer ist in der Nähe des Porphyrs sehr stark verändert und geht allmälig durch Aufnahme eckiger Feldspathkörner in ihn über, so dass Mittelgesteine entstehen, welche schon eine porphyrähnliche Natur

*) *Lyell*, *Quarterly Journal of the geol. soc. I*, 1845, *p.* 200 und Reisen in Nordamerika, S. 160. *Macculloch*, in *Trans. of the geol. soc. III*, *p.* 280.

**) Schafhäutl hat gezeigt, dass Wasser, im Papinschen Topfe über 100° C. erhitzt, Kieselerde auflöst, und dass sich aus dieser Auflösung Quarzkrystalle bilden. Münchener gelehrte Anzeigen, 1845, S. 557.

***) *Ann. de Chimie et de Phys. t.* 60, *p.* 300 f.

aber doch noch eine schiefrige Structur haben. Dasselbe ist nach Dufrénoy im Forez der Fall, wo die weichen Schiefer in der Nähe des Porphyrs hart und kieselschieferähnlich werden, Feldspathkörner aufnehmen, und zuletzt eine ganz porphyrähnliche Beschaffenheit erhalten. Credner beschreibt ähnliche durch Porphyre hervorgebrachte Metamorphosen des Thonschiefers aus dem Schwarzathale in Thüringen *).

Indessen reichen diese Einwirkungen der Porphyre niemals so weit in das Nebengestein, wie jene des Granites oder Syenites; gewöhnlich geben sie sich nur auf einige Fuss weit zu erkennen, bisweilen greifen sie bis auf 20 und 50 Fuss Abstand ein, und wenn Durocher sagt, dass die durch Porphyre bewirkten Veränderungen der Grauwacke nur selten über 300 oder 600 Fuss weit zu erkennen sind, so dürften damit schon ganz ungewöhnliche Fälle gemeint sein. Häufig haben die Porphyre gar keine bemerkbare Veränderung des Nebengesteins hervorgebracht, was auch von den Melaphyren, Grünsteinen und anderen pyrogenen Gesteinen gilt.

Zum Schlusse dieses Paragraphen müssen wir noch eine Erscheinung erwähnen, welche zuweilen im Contacte pyrogener Gesteine beobachtet worden ist, und sich an die vorhin erwähnte Feldspathisirung des Thonschiefers anschliesst. Es ist diess die Imprägnation des Nebengesteins mit gewissen Gemengtheilen des pyrogenen Gesteins, welche meist als Krystalle oder krystallinische Körner ausgebildet sind, und die Entstehung eigenthümlicher metamorphischer Gesteins-Varietäten veranlassen. Die Erscheinung darf nicht mit der durch Umkrystallisirung bewirkten Mineralbildung verwechselt werden, reicht gewöhnlich nur auf sehr kurze Distanzen von der Contactfläche, und kommt nicht so gar häufig vor. So berichtet Coquand, dass bei Rougiers (dep. du Var) der Muschelkalkstein von olivinreichem Basalte durchsetzt und im Contacte mit Krystallen von Olivin und Magneteisenerz imprägnirt wird. Am Baanaasen, zwischen Porsgrund und Björntvedt in Norwegen, wird ein mürber, grauer Sandstein von Basalt bedeckt; nach Möller zeigt sich dieser Sandstein im Contacte nicht nur sehr hart, dicht und grün gefärbt, sondern auch mit Krystallen von Augit und Chiastolith erfüllt; derselbe Beobachter giebt an, dass am Valleraas bei Klep, wo Basalt an Sandstein gränzt, der letztere viele Augitkrystalle enthält. Durocher erzählt, dass bei Ringerige in Norwegen der Porphyr den unter ihm liegenden Sandstein mit kleinen Feldspathkörnern erfüllt und dadurch selbst porphyrähnlich gemacht habe, so dass beide Gesteine durch Uebergänge verbunden erscheinen, und ihre Gränze schwer zu bestimmen ist. De-la-Beche erwähnt in seiner Geologie Albitkrystalle im dichten Kalksteine am Col-de-Bonhomme, und Durocher bemerkt, dass in der Bretagne die Grau-

*) Nöggerath, in Karsten's Archiv, III, 1831, S. 95 f.; Dufrénoy, in *Explic. de la carte géol. de la France, I, p.* 137, und Credner, im Neuen Jahrb. für Min. 1849, S. 25.

wacke, da wo sie von zahlreichen Kersanton-Massen durchsetzt wird, wie z. B. bei Crozon, sehr reich an Glimmer geworden ist*).

Endlich müssen wir noch einer höchst merkwürdigen von H. Rogers aus New-Jersey berichteten Contact-Metamorphose gedenken, weil sie mitten in Sandsteinen die Ausbildung von solchen Mineralspecies verursacht hat, welche man ausserdem nur unter ganz anderen Verhältnissen zu sehen gewohnt ist. Bei Lambertsville, wo die Trappkette von Goathill den dortigen rothen Sandstein durchsetzt, ist dieser Sandstein fast auf $^1/_4$ Engl. Meile Entfernung wesentlich verändert. An den entferntesten Puncten erscheint er zwar noch roth, hält aber eine Menge bis zollgrosser runder Concretionen von Pistazit, welche lagenweise in ihm vertheilt sind. Einige hundert Fuss näher gegen den Trapp ist der Sandstein dunkler und härter, und enthält zwar noch weit zahlreichere, aber meist kleinere, bis haselnussgrosse Concretionen, welche schwarz sind, und aus Schörl zu bestehen scheinen. Noch näher an den Trapp endlich zeigt sich das Gestein dunkelgrau und ganz erfüllt mit zahllosen, vollkommen ausgebildeten Turmalinkrystallen. Dieselben Erscheinungen wiederholen sich unweit Kingston, da wo die Trappkette des Rockyhill übersetzt. Dort ist in einem Steinbruche bei dem Dorfe Rockyhill der Sandstein dermaassen mit jenen krystallinischen Mineralien erfüllt, dass er fast ganz unbrauchbar als Baustein wird; hundert Fuss weiter vom Trapp erscheint er sehr dicht, jaspisartig und roth, aber ganz erfüllt mit erbsengrossen, dunkelfarbigen, radialfasrigen Concretionen; auch ist eine seiner Schichten voll kleiner Cavitäten, welche, eben so wie alle Klüfte, mit sehr deutlichen Schörlkrystallen besetzt sind; noch weiter vom Trapp ist der Sandstein nur etwas dichter als gewöhnlich, hält aber bis auf $^1/_4$ Meile Abstand viele grüne Pistazitkugeln**). Dana bemerkt sehr richtig, es sei offenbar unmöglich, dass der Trapp allein und lediglich durch seine Hitze gewirkt habe; man müsse nothwendig annehmen, dass das den Sandstein durchdringende W a s s e r g l e i c h f a l l s in eine sehr hohe Temperatur versetzt worden sei. Welche wichtige Winke für die Genesis von Turmalin und Pistazit in diesen interessanten Beobachtungen enthalten sind, diess bedarf keiner weiteren Bemerkung.

C. Metamorphismus auf hydrochemischem Wege.

§. 219. *Metamorphose von Anhydrit und Eisenspath.*

Die durch Exhalationen von Schwefelwasserstoff bedingten metamorphischen Gypsbildungen sind bereits oben S. 767 f. betrachtet worden. Es kommen jedoch auch sehr bedeutende Ablagerungen von Gyps vor, welche gleichfalls einen metamorphischen Charakter an sich tragen, aber lediglich durch den Einfluss des Wassers gebildet wurden. Dahin gehö-

*) *Coquand*, im *Bull. de la soc. géol. t.* 13, *p.* 333; *Möller*, im *Magazin for Naturvidenskaberne, VIII*, 2; *Durocher*, im *Bull.* 2. *sér. t.* 3, *p.* 595 u. 593.

**) *Report on the geological survey of the State of New-Jersey*, 1836, *p.* 161 f.

ren jene zahlreichen Gypsmassen, welche durch eine an Ort und Stelle erfolgte Umwandlung von Anhydrit entstanden sind (S. 679).

Der Anhydrit hat nämlich die Eigenschaft, allmälig Wasser aufzunehmen, und dadurch in Gyps überzugehen. Obgleich nun diese Umwandlung an derben Anhydritmassen nur langsam vor sich geht, so greift sie doch nach und nach immer weiter um sich, und so konnte es geschehen, dass grosse und mächtige Lager von Anhydrit im Laufe der Zeiten gänzlich oder doch grösstentheils zu Gyps metamorphosirt worden sind. Gar nicht selten findet man dergleichen umgewandelten grobkörnigen Anhydrit, an welchem noch die rechtwinkelig prismatische Form und Spaltbarkeit der einzelnen Individuen recht deutlich zu erkennen ist*), und Rengger hat in dem gewaltigen Gypslager, welches im Canariathale am St. Gotthardt zwischen Glimmerschiefer liegt, alle möglichen Abstufungen der Umwandlung nachgewiesen**).

Nach Charpentier scheint besonders eine Abwechslung von Feuchtigkeit und Trockenheit, von Wärme und Kälte die Umbildung zu begünstigen. Die bei Bex auf den Halden aufgestürzten Anhydritfragmente zeigen schon nach Verlauf von 8 Tagen eine Bleichung und eine Verminderung ihrer Härte, zerbröckeln dann, und zerfallen endlich zu einem weissen Gypspulver, wogegen sich die in den unterirdischen Räumen gebliebenen Stücke, welche ununterbrochen der Feuchtigkeit und einer constanten Temperatur ausgesetzt sind, sehr lange unverändert erhalten. Wo aber der Anhydrit in grossen Massen zu Tage ausgeht, da unterliegt er allmälig der Metamorphose. Die graue Farbe verwandelt sich in weiss, der Glanz und die Pelluciditāt vermindern sich, die Structur geht verloren, das Gestein bläht sich auf und löst sich in grosse Schalen ab; diese Aufblähung findet auch auf alten Strecken und Stollen oft in dem Grade Statt, dass sie fast unbefahrbar werden. Auf diese Weise ist denn fast die ganze Anhydritmasse von Tage herein in Gyps verwandelt worden, so dass man erst 60 bis 100 Fuss tief einwärts in den noch unveränderten Anhydrit gelangt***).

Eben so verhält es sich nach v. Alberti mit denen im Muschelkalksteine von Würtemberg und Baden vorkommenden Ablagerungen, welche über Tage als Gyps erscheinen, während man in den Grubenbauen fast nur Anhydrit gewahr wird.

Hausmann, welcher sehr gründliche Untersuchungen über diese Umbildung des Anhydrites angestellt hat, sagt darüber Folgendes. Die zuerst von Cordier und Hassenfratz zu Pesey in Savoyen und darauf von Johann v. Charpentier zu Bex im Canton Waadt angestellten Beobachtungen werden durch die Erfahrungen vollkommen bestätigt, welche an vielen Orten im nördlichen Teutsch-

*) *Hauy, Traité de Mineralogie, 2. ed. I, p.* 569; Blum, die Pseudomorphosen des Mineralreichs, S. 24.

**) Beiträge zur Geognosie, 1824, S. 42 ff.

***) Charpentier, in Leonhard's Taschenb. für Min. 1821, S. 336 f.

land über die Verhältnisse gesammelt worden sind, unter denen Gyps mit Anhydrit vorkommt. Oft bildet der Gyps die äussere Hülle eines inneren Kernes von Anhydrit; ja bisweilen enthält eine Gypsmasse mehre Anhydritkerne von verschiedener Grösse, und von bald rundlicher, bald unbestimmt eckiger Gestalt, welche der Gyps in schalenförmigen Partieen umgiebt. Diese Gypsschalen sind stets zerborsten und zerklüftet, und die Risse gegen die Anhydritkerne gerichtet, Durch die Umwandlung in Gyps erleidet der Anhydrit eine bedeutende Vergrösserung seines Volumens; diese ist die Ursache der Zerberstung, der schaligen Ablösung, der oft gänzlichen Zerrüttung und Zertrümmerung, welche zumal bei den grösseren aus Anhydrit gebildeten Gypsmassen angetroffen werden, und solche wesentlich von den geschichteten Gyps-Ablagerungen unterscheiden lassen.

Hausmann hat sich auch bemüht, durch Versuche zu ermitteln, wie viel Zeit der Anhydrit zur Aufnahme gewisser Quantitäten von Wasser braucht. Anhydritpulver hatte, mit Wasser zu einem Brei angemacht, nach 24 Stunden fast 1,6 Procent, unter einer mit Wasser abgesperrten Glasglocke dagegen in derselben Zeit 1 Procent Wasser aufgenommen. Nach einem Jahre aber betrug die Menge des von Anhydritpulver unter der Glasglocke aufgenommenen Wassers etwas über 10 Procent*).

Anmerkung. Die Theorie der Gypsbildung hat in neuerer Zeit zu mancherlei Discussionen Veranlassung gegeben. Fr. Hoffmann neigte sich anfangs zu der Ansicht, dass der Gyps als solcher auf dem Wege der Eruption gebildet worden sei (Poggend. Ann. Bd. 3, 1825, S. 34 und Uebersicht der orogr. und geogn. Verhältnisse des NW. Deutschland, S. 540), scheint aber später diese Ansicht verlassen zu haben, während solche noch neuerdings von Virlet d'Aoust für viele Gypsbildungen in Anspruch genommen wurde (*Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. I*, 1844, *p*. 843) und selbst Hausmann für den Anhydrit, als den Archetypus des Gypses, eine eruptive Entstehung annehmen zu müssen glaubte. (Ueber die Bildung des Harzgebirges, 1842, S. 145.) v. Alberti, welcher sich gegen die epigenetische Bildung des Gypses aus Kalkstein erklärte, suchte die eruptive Entstehung desselben auf eine ganz eigenthümliche Weise durch die Annahme geltend zu machen, dass er in der Form eines Schlammes aus dem Erdinnern aufgestiegen sei. (Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandsteins u. s. w. 1834, S. 304 f.)

Viele Geologen dagegen sind zwar der Ansicht, dass ein grosser Theil der Gyps-Ablagerungen zu den epigenetischen oder metamorphischen Bildungen nach Kalkstein gerechnet werden müsse, fassen jedoch diese Ansicht in der Weise auf, dass es directe Exhalationen von schwefeliger Säure oder von Schwefelsäure aus dem Erdinnern waren, durch welche der Kalkstein in Gyps umgewandelt worden ist. Dahin gehören z. B. Boué (*Guide du Géologue-Voyageur, I,* 1835, *p.* 497), *Gueymard* (*Bull. de la soc. géol. XI,* 1840, *p.* 432 f.), Paillette, Kurr (Neues Jahrb. für Min. 1844, S. 38), *Coquand* (*Bull. etc.* 2. *sér*, *III*, *p.* 302), *Frapolli* (*ibid. IV*, *p.* 837 f.), v. Strombeck (Karsten's und v. Dechen's Archiv, Bd. 22, S. 242 f.), und Andere. — Endlich hat Nep. Fuchs die Ansicht aufgestellt, dass der Gyps aus unterschwe-

*) Vergl. Hausmann, Bemerkungen über Gyps und Karstenit, 1847.

feligsaurem Kalke durch Oxydation seiner Säure gebildet worden sei (Gelehrte Anzeigen der K. Bayerschen Akademie, 1838, Nr. 28).

Gegen die Ansicht einer eruptiven Entstehung der Gypse haben sich in neuerer Zeit sehr entschieden Petzholdt (Geologie, 1845, S, 334 f.) und G. Bischof ausgesprochen, welcher letztere auch die Ansicht sehr nachdrücklich bekämpft, dass der Kalkstein durch unmittelbar aus dem Erdinnern aufgestiegene Schwefelsäure zu Gyps oder Anhydrit metamorphosirt worden sei.

Eine andere, wesentlich durch die Einwirkung des Wassers bedingte und sehr häufig vorkommende Metamorphose ist die des Eisenspathes und Eisenkieses in Brauneisenerz oder Eisenoxydhydrat.

Der Eisenspath zeigt nämlich eine grosse Neigung, seine Kohlensäure gegen Wasser auszutauschen, während gleichzeitig das Eisenoxydul in Eisenoxyd übergeht, so dass als das endliche Product dieses Zersetzungsprocesses Eisenoxydhydrat zurückbleibt*).

Diese Veränderung beginnt mit einer oberflächlichen Bräunung des Eisenspathes, welche allmälig immer tiefer eindringt und immer dunkler wird; gleichzeitig verliert das Mineral seine Durchscheinenheit, während der Glanz und die Spaltbarkeit noch lange erkennbar bleiben. Weiterhin verschwinden auch diese Eigenschaften, und endlich erscheint die ganze Masse als erdiges oder dichtes Brauneisenerz. Auf diese Weise sind sehr bedeutende Eisenspath-Ablagerungen bis auf grosse Tiefe fast durchaus in Brauneisenerz umgewandelt worden; wie z. B. die mächtigen Stöcke von Hüttenberg in Kärnthen bis auf die Georgenstollensohle, und die Eisenspathgänge des Hollerterzuges stellenweise bis auf 100 Lachter tief. Ja, viele Brauneisenerzgänge sind lediglich als metamorphosirte Eisenspathgänge zu betrachten.

Eben so verhält es sich mit manchen Ablagerungen von Eisenkies, welche gleichfalls im Laufe der Zeit grossentheils in Brauneisenerz umgewandelt wurden. So berichtet z. B. Charpentier, dass sich bei Portet in den Pyrenäen ein ganzer Stock von Brauneisenerz findet, dessen Drusenräume noch lauter sehr schöne Pentagon-Dodekaëder zeigen, obwohl keine Spur von Eisenkies mehr zu entdecken ist; und Haidinger erwähnt, dass bei Wochein in Krain ein Brauneisenerz verschmolzen wird, welches gleichfalls aus Eisenkies entstanden ist.

§. 220. *Metamorphische Dolomitbildung; Verkieselung.*

Es wurde bereits oben S. 748 bemerkt, dass wenn auch viele Dolomite ursprünglich als solche aus dem Wasser abgesetzt worden

*) Der eigentliche Hergang bei dieser Umbildung ist wohl noch nicht völlig aufgeklärt, indem die von Sismonda gegebene Erklärung, dass die Zersetzung durch Eisenkies vermittelt werde, doch nicht in allen Fällen anwendbar sein dürfte.

sind*), so doch gewisse Gesteine dieses Namens als metamorphische Bildungen, nämlich als umgewandelte Kalksteine betrachtet werden müssen. Die Idee einer solchen Metamorphose oder Dolomitisirung, wie man sie genannt hat, ist bereits im Jahre 1779 von Arduino ausgesprochen worden, ohne jedoch weitere Beachtung gefunden zu haben, bis sie später im Jahre 1806 von Heim, ganz vorzüglich aber im Jahre 1822 von Leopold v. Buch auf eine höchst geistreiche Weise geltend gemacht, und in Folge dessen zu einem Gegenstande der lebhaftesten Discussionen und der gründlichsten Erörterungen erhoben wurde.

Wir wollen erst einige Thatsachen aufführen, welche die Richtigkeit der Idee im Allgemeinen darzuthun geeignet sind, und glauben es den Begründern derselben eben so wie unsern Lesern schuldig zu sein, dabei zuvörderst derjenigen Thatsachen zu gedenken, durch welche Arduino, Heim und Leopold v. Buch auf die Vorstellung einer metamorphischen Dolomitbildung geführt worden sind.

Arduino selbst stützte seine Ansicht auf das merkwürdige Vorkommen der Dolomite**) von Lavina und anderen Orten, welche er nur an den grossen Spalten der dortigen Kalksteinberge gefunden habe, wo sie durch gewisse, aus der Tiefe kommende feurige Einwirkungen auf den Kalkstein aus diesem entstanden zu sein scheinen. Der oft breccienartige Zustand des Gesteins bestimmte ihn zu der Annahme, dass der Kalkstein zerbröckelt, durch das vulcanische Feuer calcinirt, auf eine eigenthümliche Weise mit Magnesia geschwängert, und dadurch in Dolomit umgewandelt worden sei.

Es ist gewiss höchst merkwürdig, dass Heim, welchem Arduino's Werk jedenfalls unbekannt geblieben war, 27 Jahre später durch ganz ähnliche Beobachtungen in Thüringen fast genau auf dieselben Ansichten geleitet wurde. Bei der Schilderung des Rauhkalksteines oder cavernosen Dolomites der Zechsteinformation sagt er, man wolle denselben zwar für eine besondere Formation erklären, allein er stehe mit dem gemeinen Kalksteine allenthalben in

*) Wir können uns von dieser Ansicht durchaus nicht lossagen, wenn auch noch neuerdings eine so gewichtige Auctorität wie Karsten die ursprüngliche Bildung von Dolomit auf nassem Wege für eine Unmöglichkeit erklärte (Karsten's und v. Dechens Archiv, Bd. 22, 1848, S. 564). Jede Druse von Braunspath oder Rautenspath beweist die Möglichkeit, oder vielmehr die Wirklichkeit einer solchen Bildung.

**) Wir entlehnen diese Darstellung aus v. Morlot's Aufsatz: Ueber Dolomit (Naturwissenschaftliche Abhandlungen, herausgegeben von Haidinger, I, S. 305 ff.) wo die betreffenden Stellen aus Arduino's Werk: *Osservazioni chimiche sopra alcuni fossili, Venezia* 1779, mitgetheilt werden. Arduino nennt das Gestein Marmor, indem der Name Dolomit erst weit später von Saussüre in Vorschlag gebracht worden ist.

genauer Verbindung*). In stetigen Zügen dieses letzteren trete auf einmal der Rauhkalkstein auf, und breche eben so plötzlich wieder ab, in thurmhohen Felsen aufragend, welche „nicht auf der Höhe aufgesetzt sind, sondern mit ihren Wurzeln, wenn ich mich so ausdrücken darf, in die Tiefe reichen.“ Auch sei der Rauhkalkstein bituminos, wie der gemeine, und führe dieselben Versteinerungen, so dass beide blos hinsichtlich der Form des Gesteins von einander verschieden sind. Dann komme aber der Rauhkalkstein auch in neueren Kalksteinformationen, z. B. im Muschelkalkstein bei Meiningen vor, zum Beweise, dass er nicht als eine eigene Formation, sondern nur als eine besondere Form zu betrachten sei. Eben so trete er mit denselben Erscheinungen im Fränkischen Jura, bei Streitberg und anderen Orten auf.

Was für Ursachen sind es nun, fragt er, welche diese Veränderungen in dem gemeinen Kalksteine hervorgebracht haben. Nothwendig werde diese problematische Ursache, da solche nicht unmittelbar wahrgenommen werden kann, aus ihren Wirkungen, aus den von ihr hinterlassenen Eindrücken, Formen und Verhältnissen erschlossen werden müssen. Auch müsse man dabei die, der ursprünglichen Ordnung entsprechende Regel zu Grunde legen. Diese Regel sei aber in dem vorliegenden Falle besonders die dem gemeinen Kalksteine eigenthümliche und für ihn charakteristische, horizontale und ungestörte Schichtung. „Verschobene, zerbrochene, über einander geworfene Bänke und Schichten können nicht zur Regel gerechnet werden; sie bezeichnen die gestörte Ordnung des Kalksteins.“

Heim wählte nun zur Aufsuchung der Ursachen, welchen die Umgestaltung des gemeinen Kalksteins in die Formen des Rauhkalksteins zuzuschreiben sein möchte, die Gegend von Meiningen, wo die Erscheinung zwar in kleinem Maassstabe, aber sehr deutlich und übersichtlich vorliegt. Die auf rothem Thone liegenden Schichten des Muschelkalkes sind dort so vollkommen wagerecht, als ob sie nach der Schnur gelegt worden, ausgenommen an den Stellen, wo der Rauhkalkstein auftritt. Diese Stellen sind von ungleicher Breite; unten von 20 bis 200 Schritt; nach der Mitte werden sie enger, „oft so schmal, dass sie das Ansehen von Gängen haben,“ noch höher hinauf erweitern sie sich wieder. Aber der Kalkstein selbst ist dort in seiner Structur und Masse auffallend verändert. Seine Schichten sind zerbrochen und zertrümmert, sind verschoben, jedoch nicht abwärts, sondern aufwärts, nicht allmälig, sondern auf einmal, unter Winkeln von 30 bis 80°, so dass sie von beiden Seiten her gegen einander aufsteigen. Unten erscheinen sie nur bogenförmig gekrümmt; weiter aufwärts laufen sie kegel- und keilförmig zusammen; noch weiter hinauf stehen sie senkrecht, oder sind in unförmliche Stücke zertrümmert. Und so nimmt die Zerstörung zu, bis zu dem Ausgehenden auf der Höhe. Seiner Masse nach ist der Kalk-

*) Die folgende Schilderung ist entnommen aus Heims Geol. Beschr. des Thüringer Waldgebirges, Theil II, Abtheil. 5, 1806, S. 99—121. Die interessanten Beobachtungen und geistreichen Combinationen des gründlichen Forschers verdienen wohl in Erinnerung gebracht zu werden, daher wir sie etwas ausführlicher mittheilen.

stein nach unten am wenigsten verändert; in der Mitte, wo sich die Stelle verengert, ist er stark mit Kalkspath durchwachsen; auf der Höhe endlich erscheint das zerrissene, löcherige Gestein, welches den Rauhkalkstein so auszeichnet.

Aus allen diesen Erscheinungen folgert nun Heim: 1) dass an diesen Stellen eine Störung der ursprünglichen Ordnung vorgegangen sei; 2) dass die Ursache dieser Störung von unten nach oben gewirkt habe*); 3) dass diese Ursache einer Ausdehnung und Zusammenpressung fähig gewesen sei, wie die Erweiterungen und Verengerungen ihrer Bahn lehren; 4) dass die, diese Kalksteinschichten zersprengende, aufrichtende und verrückende Kraft schnell hindurch gefahren sein müsse; etwa so wie Kugeln, welche durch Planken und Breter gehen, das Holz nur an der Stelle durchreissen und zersplittern, wo sie aufschlagen, das Uebrige aber in Ordnung lassen. Und endlich gelangt Heim zu dem Resultate, dass unter den bekannten Naturkräften nur diejenigen, welche noch jetzt die Erde spalten, Berge zerreissen und Länder zerstören, dass nur elastische Dämpfe die Durchbrechung eines bis 800 Fuss mächtigen Kalksteingebirges und die Bildung jenes Rauhkalksteins bewirkt haben können, welcher ganz oben als ein „durchlöchertes, gleichsam von unterirdischen Blitzen getroffenes Gestein“ ansteht.

Wenn also auch Heim auf den (damals noch unbekannten) Magnesiagehalt des Rauhkalksteins gar nicht Rücksicht nehmen konnte, so sieht man doch, dass er ungefähr so wie Arduino, diesen Dolomit für einen, durch vulcanische Dampf-Explosionen zertrümmerten und umgewandelten Kalkstein, für eine ganz eigenthümliche metamorphische Bildung erklärte.

Beobachtungen und Folgerungen von etwas anderer Art waren es, welche fast ein halbes Jahrhundert nach Arduino auch in Leopold v. Buch die Ueberzeugung hervorriefen, dass viele Dolomite als metamorphische Kalksteine zu betrachten seien**). Ausgehend von der Thatsache, dass der Dolomit in durchaus verschiedenen Formationen immer denselben ganz eigenthümlichen Charakter beibehält, glaubte er im Fassathale in Tyrol einleuchtende Beweise dafür gefunden zu haben, dass die Magnesia die Kalksteinschichten lange Zeit nach ihrer Bildung durchdrungen und zu den gewaltigen Dolomitmassen dieses Thales umgewandelt habe. Die dort in so vielfacher Weise und in so grossartigem Maassstabe vorliegenden Associationen von Dolomit und Augitporphyr, die schroffen, zerrissenen und colossalen Bergformen des dasigen Dolomites, die häufige Unterteufung und Durchsetzung desselben durch den Augitporphyr veranlassten ihn ferner zu der Folgerung, dass die über dem letzteren aufragenden, kühnen und furchtbaren Dolomitgipfel durch ihn in die Höhe gehoben, zerspalten und geborsten seien, und dass es zugleich die Eruptionen dieser Augitporphyre waren, welche die Magnesia im dampfförmigen Zustande in das tausendfältig zertrümmerte und zerstückelte Kalksteingebirge geliefert haben.

*) S. 117 sagt er noch, da im Zechsteine dieselben Zerstörungen vorkommen, so lässt sich ihr Durchgang durch das gesammte Flötzgebirge behaupten.

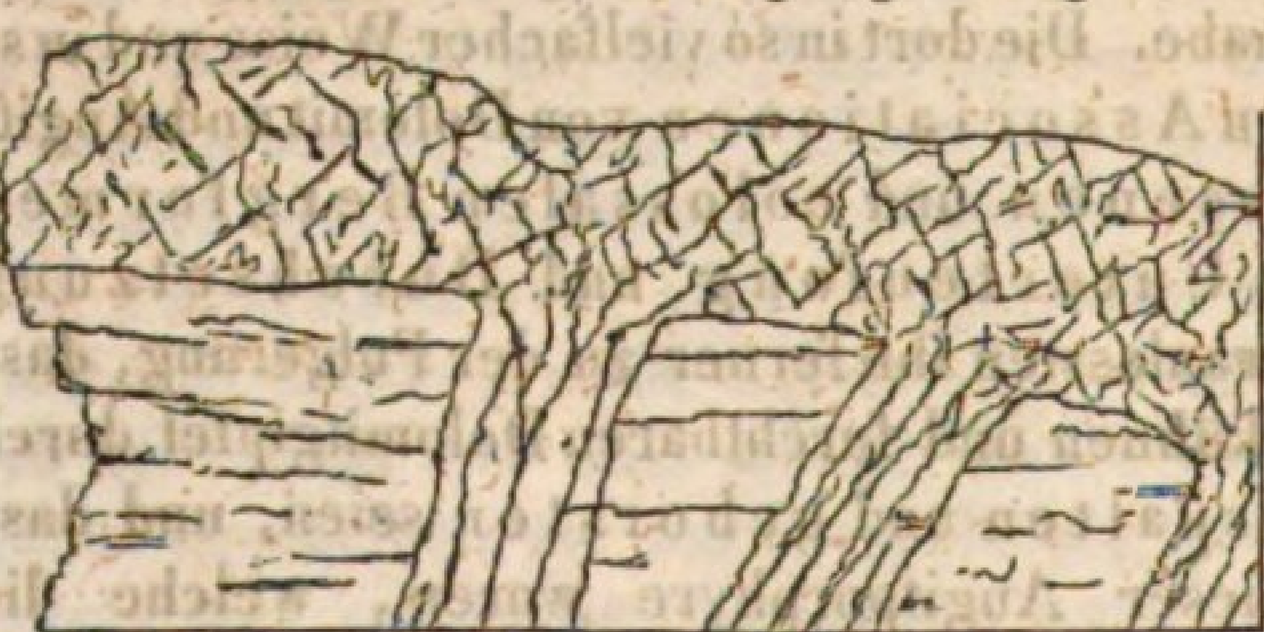
**) Man vergleiche seine berühmten Briefe in Leonhards Mineralog. Taschenb. für 1824, S. 251 f., S. 272 ff. u. s. w., von welchen die meisten schon im Jahre 1822 geschrieben und in verschiedenen Zeitschriften veröffentlicht worden waren.

Später wurde Leopold v. Buch durch seine Beobachtungen im Gebiete des Fränkischen Jura auf die Ansicht geführt, dass auch die dortigen so weit verbreiteten Dolomite aus Kalksteinschichten entstanden seien, welche durch die aus dem Erdinnern heraufgestiegenen Magnesiadämpfe bearbeitet und umgewandelt wurden *).

Dass aber, ganz abgesehen von ihrer theoretischen Erklärung, die Wirklichkeit der metamorphischen Natur vieler Dolomite gar nicht in Zweifel gezogen werden kann, dafür mögen, ausser denen bereits erwähnten Thatsachen, noch folgende Beispiele sprechen.

A. v. Strombeck beschrieb den Kahlen Berg bei Echte, zwischen Göttingen und Braunschweig, als ein besonders schönes und evidentes Beispiel für die Dolomitisirung des Kalksteins. Geht man nämlich vom Kahlen Berge im Streichen der Schichten nach Dogerode zu, so hat man auf einmal statt des geschichteten versteinerungsreichen Kalksteins schroffe Dolomitfelsen vor sich. Von der Höhe bis zur Tiefe nichts als Dolomit, und wenige Schritt davon noch Kalkstein. Aufgelagert können sie einander folglich nicht sein; die Gränze muss vielmehr eine ziemlich senkrechte Lage haben, und man könnte an eine stockförmig eingeschobene Masse denken, wenn nicht der ganze Berg von da bis nach Kaltewasser aus Dolomit bestände. Nahe an der Gränze zeigt der Dolomit, ausser der senkrechten Zerklüftung, noch Andeutungen derselben Schichtung und Spuren derselben Petrefacten, welche dem Kalkstein eigen sind; weiterhin aber verschwinden beide völlig. „Wird man also nicht unmittelbar darauf geführt, in diesem Dolomite einen umgewandelten Kalkstein zu finden?“ Wie und wodurch aber diese Umwandlung herbeigeführt wurde, darüber, meint v. Strombeck, könne man sich nur eine Hypothese bilden **).

Klipstein gab sehr interessante Mittheilungen über die Dolomite der oberen Lahngegenden bei Wetzlar und Giessen, welche, durch Steinbrüche aufgeschlossen, ihre Verhältnisse zum Kalksteine äusserst deutlich erkennen lassen. In einem Steinbruche bei Klein-Linden unweit Giessen sieht man den Dolomit nicht nur in zwei gangförmigen Streifen durch den Kalkstein hindurchsetzen, sondern auch über demselben ausgebreitet ***). Die beiden Dolomitgänge werden durch eine kaum 8 Fuss breite Kalksteinmasse von einander getrennt, und bestehen aus krystallinisch grobkörnigem Dolomit von hellgrauer Farbe, in welchem jedoch viele dunkelgraue, rothe und



Kalkstein. Dolomit. Dolomit. Kalkstein.

*) Ueber den Jura in Deutschland, 1839, S. 10 f. Auch Tantscher gab 1835 in Karstens Archiv, Bd. 8, S. 488 f. sehr gute Bemerkungen über den Fränkischen Dolomit, in welchen schon stellenweise auf Leopold v. Buch's Theorie Bezug genommen wird.

**) Karstens Archiv für Min. u. s. w. Bd. IV, 1832, S. 393 ff.

***) Dergleichen gangförmige Bildungen von Dolomit sah auch Abich im Thale von Tramonte zwischen Capri und Salerno. In verticaler Richtung von unten nach

schwarze, von einem Mangangehalte herrührende Streifen, auch viele Drusenräume auftreten, die mit Krystallen von Braunspath und Kalkspath erfüllt sind. An ihren Gränzen gehen diese Gänge meist ganz allmälig in den Kalkstein über, und wo diess nicht der Fall ist, da greift der manganhaltige Dolomit, verschiedentlich sich verzweigend, in den Kalkstein ein, und umschliesst trümmerähnliche Partieen desselben. Die Gänge sind durch senkrechte Spalten stark zerklüftet; der aufliegende, etwas feinkörnigere Dolomit aber erscheint dermaassen zerklüftet, dass er wie aus lauter Fragmenten besteht. Klipstein giebt noch die Beschreibung und Abbildung mancher anderen sehr interessanten Erscheinungen, und ist der Ansicht, dass der Kalkstein durch unterirdische Kräfte gespalten und durch eingedrungene Dämpfe zu Dolomit metamorphosirt worden sei *). Grandjean dagegen, welcher ganz dieselben Erscheinungen in der unteren Lahngegend, bei Steeten und Niedertiefenbach beobachtete, erklärt sich ganz entschieden dahin, dass diese Dolomitisirung des Kalksteins nur da vor sich gegangen ist, wo der Zutritt der Atmosphärilien Statt gefunden hat **).

Coquand berichtet, dass bei Rougiers (dep. du Var) der Muschelkalkstein im Contacte des Basaltes bis auf 1 Meter Abstand und noch weiter eine Umwandlung in dolomitischen Kalkstein erlitten hat, welche bei denen im Basalte eingeschlossenen Kalksteinfragmenten am weitesten gedieben ist. Diese Beobachtung ist besonders deshalb interessant, weil sie durch wirkliche Analysen bestätigt wird, welche das Resultat ergaben, dass in einem solchen Kalksteinfragmente 39,6 Procent, im äusseren Kalksteine aber in 1 Meter Abstand, 27,9 Procent, in 2 Meter Abstand 9,5 Procent kohlensaure Magnesia gefunden wurden, während der noch entferntere und mit deutlichen Versteinerungen erfüllte Kalkstein gar keine Magnesia enthielt ***).

Als ein Seitenstück hierzu mag endlich noch die Beobachtung desselben Geologen erwähnt werden, dass der goldführende Quarzgang von La-Gardette, welcher aus dem Gneisse in den aufliegenden Liaskalkstein hineinsetzt, den letzteren zu beiden Seiten auf einige Centimeter weit in schwärzlichen Dolomit umgewandelt hat, ausserdem aber auch schon innerhalb des Gneisses krystallisirten Dolomit (Kalktalkspath) enthält †).

Fassen wir die aus diesen und zahllosen anderen Beispielen hervor-

oben aufsteigend, sagt er, durchsetzen die Dolomitmassen die regelmässigen Kalkschichten, und gleichsam als habe nur der Contact mit ihnen genügt, um die Metamorphose zu bedingen, ergreift dieselbe ganze Felszüge bis zu den höchsten Gipfeln, um eben so plötzlich in und an den benachbarten geschichteten Massen zu verschwinden. Ueber die Natur und den Zusammenhang der vulc. Bildungen, S. III.

*) Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 17, 1843, S. 265 ff.

**) Neues Jahrb. f. Mineralogie, 1844, S. 544.

***) *Bull. de la soc. géol. t.* 13, *p.* 333.

†) Coquand, a. a. O. p. 345. Wir führen dieses, in Bezug auf den Umfang der Metamorphose geringfügig erscheinende Beispiel deshalb an, weil es uns für die Theorie der Dolomitisirung wichtig zu sein scheint. Denn, so gewiss der Quarzgang und der in seinen tieferen Theilen vorkommende Kalktalkspath durch Quellen gebildet worden ist, so gewiss dürfte auch die Umwandlung des Liaskalksteins der Einwirkung derselben zuzuschreiben sein.

gehenden Eigenthümlichkeiten der metamorphischen Dolomite zusammen, so finden wir, wie sich solche meist dadurch zu erkennen geben, dass mitten in einer Ablagerung von dichtem Kalkstein, in einer von dessen Schichtung ganz unabhängigen Richtung, entweder plötzlich oder auch allmälig der Kalkstein $(2\dot{C}a\ddot{C})$ in Dolomit $(\dot{C}a\ddot{C} + \dot{M}g\ddot{C})$ übergeht, und zwar meist in einen sehr krystallinischen, porosen, oft cavernosen Dolomit, womit auch gewöhnlich Aufrichtungen und Zertrümmerungen der Schichten, breccienähnliche Bildungen, so wie innerhalb des Dolomites selbst eine auffallende Obliterirung oder auch gänzliche Vertilgung der Schichtung und der organischen Formen verbunden zu sein pflegen. — Doch findet man auch bisweilen einen von Schicht zu Schicht ausgebildeten allmäligen Uebergang aus Kalkstein in Dolomit, in welchem Falle es die obersten Massen sind, welche die Dolomitisirung im höchsten Grade erfahren haben.

Nimmt man an, dass bei dieser Veränderung wirklich die Hälfte der Kalkerde verschwunden und durch Magnesia ersetzt worden sei, so würde diess, wie Elie de Beaumont gezeigt hat, eine Volumverminderung, eine Contraction von 12 Procent zur Folge haben, was mit der zelligen und porosen Structur des Dolomites sehr wohl übereinstimmt*). Wäre dagegen zu sämmtlichem vorhandenen kohlensauren Kalke ein Aequivalent kohlensaurer Magnesia hinzugetreten, wie Leopold v. Buch und Rozet glauben, so würde die Umwandlung des Kalksteins zu Dolomit eine Volumvergrösserung, eine Aufblähung um mehr als 75 Procent erfordern**). Dass aber wirklich eine Umkrystallisirung des Gesteins Statt gefunden habe, dafür spricht der höchst krystallinische Habitus des Dolomites, und die Verundeutlichung der Schichten und der organischen Formen des metamorphosirten Kalksteins.

Wenn nun aber gegenwärtig fast alle Geologen darüber einverstanden sind, dass gewisse Dolomite als metamorphosirte Kalksteine gedeutet werden müssen, so begegnen wir einer grossen Verschiedenheit der Ansichten über die eigentliche Modalität und über die Ursache dieser merkwürdigen Metamorphose.

Leopold v. Buch, mit dessen Darstellungen eigentlich die ganze Lehre von der Dolomitisirung in ihr neues und bedeutungsvolles Stadium getreten ist, glaubte den Umwandlungsprocess als eine durch Gesteins-Eruptionen oder andere abyssodynamische Processe vorbereitete und ein-

*) *Elie de Beaumont*, im *Bull. de la soc. géol.*, *t.* 8, 1836, *p.* 174. Morlot hat später gezeigt, dass die Summe der Poren und Cavitäten eines Dolomites vom Prediel wirklich fast genau so viel beträgt.

**) Abhandlungen der K. Akad. der Wissensch. in Berlin von 1828, S. 73 f.

geleitete Imprägnation des Kalksteins mit kohlensaurer Magnesia im dampfförmigen Zustande auffassen zu müssen. Obgleich nun diese Ansicht von vielen der ausgezeichnetsten Geologen mit Beifall aufgenommen wurde, so fand man doch bald, dass ihr einige geognostische und chemische Bedenken entgegen stehen. Namentlich haben Zeuschner, Boué, A. Wagner, Fr. Hoffmann, Bertrand-Geslin, Tantscher, Reuss, v. Holger, Wissmann, Gumprecht, Petzholdt, W. Fuchs, Grandjean, Fournet, Studer und Andere theils ausführlich motivirte Einwendungen, theils einzelne Thatsachen und Beobachtungen vorgebracht, welche es kaum bezweifeln lassen, dass die Theorie der metamorphischen Dolomitbildung auf einem etwas anderem Wege zu suchen sei*).

Die einfachste und naturgemässeste Erklärung derselben scheint nämlich in hydrochemischen Operationen der Natur gesucht werden zu müssen, und eine solche Erklärung ist wohl zuerst im Jahre 1834 von Collegno angedeutet worden. Indem nämlich Collegno die bereits von Lardy hervorgehobene so häufige Association von Dolomit und Gyps in den Alpen durch seine eigenen Beobachtungen bestätigt fand, ausserdem aber aus den Lagerungs-Verhältnissen beider Gesteine auf ihre metamorphische Bildung schliessen zu müssen glaubte, sprach er es als eine wahrscheinliche Vermuthung aus, dass wohl mit schwefelsaurer Magnesia geschwängerte Quellwasser als die eigentliche Ursache dieses doppelten Metamorphismus zu betrachten sein möchten**).

Dieselbe auffallende Thatsache des so gewöhnlichen Zusammenvorkommens von Gyps und Dolomit führte später auch Haidinger auf ganz ähnliche Folgerungen. Er schloss aus dieser Thatsache, dass dasselbe unbekannte Agens, welches den Kalkstein zu Dolomit umwandelte, zugleich den Gyps erzeugt haben müsse; wenn sich aber diess so verhalte, so könne dieses Agens selbst nichts Anderes gewesen sein, als Bittersalz; eine der leichtlöslichsten und zugleich der gemeinsten unter allen Magnesia-Verbindungen. Der Träger des Bittersalzes scheine

*) Setzen wir, so sagt Bischof, statt des plutonischen Weges den nassen Weg, so verschwinden alle Widersprüche, welche man von chemischer Seite gegen v. Buch's Ansichten erhoben hat. Die Hauptsache bleibt stehen, und die Ehre, zuerst die Idee eines grossartigen Umwandlungsprocesses ausgesprochen zu haben, wird unserm grossen Geognosten nie abgesprochen werden. Lehrb. der chem. und phys. Geol. II, S. 279.

**) *Bull. de la soc. géol. t.* 6, 1834, *p.* 110. In demselben Jahre sprach es auch v. Alberti aus, dass die Verwandlung des Kalksteins in Dolomit mit der Gypsbildung zusammengehangen habe. Beitrag zu einer Monographie des bunten Sandst. u. s. w. S. 309. Leopold v. Buch hatte dieselbe Idee schon 1824 aufgestellt.

ganz einfach die Gebirgsfeuchtigkeit, das Wasser gewesen zu sein. Also hätte eine Auflösung von Bittersalz den Kalkspath so zersetzt, dass sich ein Atom kohlensaure Magnesia bildete, welches mit einem zweiten Atom Kalkspath den Dolomit erzeugte, während der gleichzeitig gebildete schwefelsaure Kalk als Gyps fortgeführt wurde. Da nun aber die Chemie gerade die entgegengesetzte Reaction nachweist*), so schloss Haidinger, dass in grosser Tiefe, unter dem Einflusse der Erdwärme und eines bedeutenden Druckes wohl die zur Dolomit- und Gypsbildung erforderliche Reaction eintreten dürfte.

Diese Ideen Haidingers wurden von v. Morlot mit grossem Enthusiasmus erfasst und weiter verfolgt, indem er ein schon von Wöhler eingeleitetes Experiment durchführte, welches wesentlich darin bestand, ein Gemeng von pulverisirtem Kalkspath und Bittersalz unter dem Drucke von beiläufig 15 Atmosphären längere Zeit einer Hitze von 250° C. auszusetzen, wobei sich zwar das Bittersalz vollständig zersetzte, und Gyps nebst kohlensaurer Magnesia bildete, aber nicht zu entscheiden war, ob die letztere mit dem noch übrigen kohlensaurem Kalke eine chemische Verbindung eingegangen sei. Obgleich nun schon dieser (noch nicht völlig entscheidende) Versuch grosse Aufmerksamkeit erregte, und der Theorie von Collegno und Haidinger viele Anhänger zuführte, so erkannte es doch v. Morlot, dass noch die Aufgabe übrig bleibe, „den leibhaftigen Dolomit, wie ihn die Natur gemacht hat, in einer festen Masse, mit erkennbaren Rhomboëdern darzustellen." Dazu hat er jetzt neue Versuche eingeleitet, deren Erfolge abzuwarten sind**).

Während Collegno und Haidinger eine Imprägnation des Kalksteins mit bittersalzhaltigem Wasser als die chemische Bedingung voraussetzten, durch welche die Dolomitbildung und die Gypsbildung zugleich erklärt werden würde, so haben Andere die Dolomitisirung des Kalksteins allein durch die Einwirkung einer Solution von zweifach-kohlensaurer Magnesia zu erklären versucht.

So ist Coquand geneigt, für gewisse Dolomite eine derartige Entstehung anzunehmen. Er erinnert an Daubeny's Beobachtung, dass die Mineralquel-

*) Wenn man nämlich durch Dolomitpulver eine Auflösung von Gyps filtrirt, so geht Bittersalz durch das Filtrum, während kohlensaurer Kalk zurückbleibt.

**) Vergl. v. Morlot, Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein (in den Naturwiss. Abhandl. herausgeg. v. Haidinger, I, 1847, S. 305), auch dessen *Lettre sur la Dolomie, adressée à Mr. Elie de Beaumont*, 1848, und Sitzungsberichte der Kaiserl. Akad. d. Wissensch. H. V, 1848, S. 115. — Karsten ist jedoch der Ansicht, dass die Idee, die Bildung des Dolomites durch Bittersalz zu erklären, eine sehr unglückliche Aushilfe gewähre; denn, wenn Kalkspathpulver lange in einer Bittersalzsolution gekocht werde, so erfolge zwar eine langsame Zersetzung, bei welcher aber Gyps und Magnesit, jedoch kein Dolomit entstehe. Archiv für Min., Bd. 22, 1848, S. 567.

len von Torre-dell-Annunziata kohlensaure Magnesia absetzen, und gedenkt einer mächtigen Dolomitzone im Neocomkalkstein bei Castellane in der Provence, welche in den Kalkstein übergeht, worauf dieser selbst nach allen Richtungen zerklüftet und auf den Klüften mit Dolomitkrystallen besetzt ist. Hier sei es unmöglich, eine hydrochemische Einwirkung in Abrede zu stellen. Auch Dana und Jackson sind der Meinung, die metamorphischen Dolomite seien durch eine Reaction von magnesiahaltigen Quellen auf Kalkstein gebildet worden. Besonders aber hat Nauck dieselbe Ansicht für den, grossentheils in Dolomit umgewandelten Kalkstein der Gegend von Wunsiedel geltend gemacht. Das mit kohlensaurer Magnesia beladene Wasser durchdrang den Kalkstein, löste ihn theilweise auf, und das Magnesiacarbonat verband sich, vermöge seiner Neigung zur Bildung von Doppelsalzen, mit einem Theile des Kalkcarbonates zu Dolomit. So, meint er, sei jedenfalls der ganze dortige Dolomit entstanden*).

Endlich ist auch die Idee aufgestellt worden, dass es Solutionen von Chlormagnesium gewesen seien, welche die Umwandlung des Kalksteins zu Dolomit bewirkt haben, wobei Chlorkalk gebildet worden sei, der aufgelöst und entfernt wurde. Diese, schon von Virlet ausgesprochene Idee ist neuerdings von Favre, unter Bezugnahme auf ein von Marignac ausgeführtes Experiment, etwas ausführlicher motivirt worden.

Marignac brachte nämlich in ein verschlossenes Glasrohr Kalkstein und eine Auflösung von Chlormagnesium; nachdem er es 6 Stunden lang bei einer Temperatur von 200° C. erhitzt hatte, erhielt er wirklich Dolomit. Die Dolomitbildung, sagt Favre, erfordert also die Anwesenheit von Kalkstein, von Chlormagnesium (oder auch von schwefelsaurer Magnesia), eine Temperatur von 200° und einen Druck von wenigstens 15 Atmosphären. Er glaubt nun, dass z. B. in Tyrol alle diese Bedingungen erfüllt waren. Es gab dort Kalkstein; die Melaphyr-Eruptionen lieferten Chlormagnesium und schwefelsaure Magnesia, welche übrigens auch im Meere vorhanden waren; in der Tiefe des Meeres, wo diese Eruptionen Statt fanden, betrug die Temperatur gewiss 200°, und der erforderliche Druck war gleichfalls vorhanden**).

So scheinen sich uns also verschiedene hydrochemische Processe darzubieten, um die Bildung metamorphischer Dolomite zu erklären, und es ist gewiss nicht unwahrscheinlich, dass in verschiedenen Fällen bald der eine, bald der andere dieser Processe in Wirksamkeit gewesen ist; während da, wo Dolomit und Gyps zugleich gebildet wurden, der auf

*) *Dana* und *Jackson*, in *The Amer. Journ. of sc. vol.* 45, 1843, *p.* 120 u. 141. Nauck, in Poggend. Ann. Bd. 75, 1848, S. 149. Indessen glaubt Dana, der ursprüngliche Magnesiagehalt der Korallen möge bei der Theorie der Dolomitbildung wohl auch sehr zu berücksichtigen sein.

**) *Comptes rendus*, *t.* 28, 1849, *p.* 364. Frapolli dagegen glaubt, dass gewisse Dolomite durch Dämpfe von Chlormagnesium entstanden seien. *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. t. IV*, 1847, *p.* 857.

der Einwirkung von schwefelsaurer Magnesia beruhende Process die einfachste Erklärung gewähren dürfte.

Dass aber die verschiedenen Lagerungsformen des Dolomites, dass seine allmäligen Uebergänge in Kalkstein, dass seine oft breccienartige Beschaffenheit, dass endlich die, seine gangartigen Vorkommnisse oft begleitende Zertrümmerung und Aufrichtung der Schichten mit allen jenen hydrochemischen Processen sehr wohl in Einklang zu bringen sind, diess bedarf kaum einer Erwähnung. Denn, wie fast allen Mineralquellen, so werden auch jenen dolomitisirenden Quellen der Vorzeit ihre Wege auf Spalten der Erdkruste, in Folge gewaltsamer Erschütterungen und Zerreissungen derselben, geöffnet worden sein; und Leopold v. Buch's Theorie steht insofern unerschütterlich fest, wiefern wir in der That abyssodynamische Bewegungen der Erdkruste als die erste Bedingung vieler Dolomitbildungen zu betrachten haben. Die durch sie hervorgelockten magnesiahaltigen Quellen werden die Seitenwände der in den Kalksteingebirgen entstandenen Spalten imprägnirt, und dadurch das oft weit hinein zerspaltene und zertrümmerte Gestein zu Dolomit umgewandelt, ausserdem aber auch auf der Oberfläche oder auf dem aus Kalkstein bestehenden Meeresgrunde weithin ihren Einfluss geltend gemacht haben; und so ist es begreiflich, wie gleichzeitig gangartige Vorkommnisse und weit ausgedehnte oberflächliche Ablagerungen von Kalkstein zu Dolomit metamorphosirt werden konnten. — Auch kann wohl in manchen Fällen der im Meerwasser selbst vorhandene, vielleicht zu gewissen Zeiten vorübergehend gesteigerte Gehalt an Bittersalz und Chlormagnesium hingereicht haben, um eine, zur abermaligen Submersion gelangte Kalksteinablagerung von oben herein mehr oder weniger tief in Dolomit zu verwandeln; welche Umwandlung ihrerseits auf Spalten sehr weit abwärts zu dringen, und so gleichfalls gangartige Vorkommnisse von Dolomit zu erzeugen vermochte.

Zum Schlusse dieser Betrachtung der metamorphischen Dolomitbildung müssen wir doch noch der Ansichten von Leube und Grandjean gedenken. Aus der Thatsache, dass gewisse Kalksteine der Juraformation in der Gegend von Ulm 1 Procent kohlensaure Magnesia enthalten, glaubt Leube folgern zu können, dass durch einen eigenthümlichen, unter erhöhter Temperatur eingetretenen Zersetzungs- und Concentrations-Process aus denselben Kalksteinen Dolomit ausgeschieden worden sei, wobei je 4200 Gewichtstheile Kalkstein 100 Gewichtstheile Dolomit geliefert haben sollen. „Diese in Dolomit umgewandelten Massen konnten wegen der durch die Hitze hervorgebrachten Ausdehnung leicht den Kalk durchbrechen und über ihm hervortreten." Grandjean dagegen ist der Ansicht, die Dolomitbildung sei lediglich durch den Einfluss der atmosphärischen Wasser in der Weise vermittelt worden, dass den umgewandelten Kalksteinen, welche schon ursprünglich einen gewissen

Magnesiagehalt besassen, durch das Wasser ein Theil ihres Kalkgehaltes entzogen wurde, bis endlich zwischen den Carbonaten beider Erden das stöchiometrische Verhältniss des Dolomites hergestellt war*).

Endlich mag noch daran erinnert werden, dass einige Geologen für gewisse Dolomite sogar eine eruptive oder ursprünglich pyrogene Entstehungsweise annehmen, indem sie solche nach Art der Lava im feurigflüssigen Zustande aus dem Erdinnern hervorgebrochen denken. Diese Ansicht ist von Savi, Guidoni und Sismonda aufgestellt, und von Virlet, Rozet und selbst von Klipstein in manchen Fällen für nicht unwahrscheinlich befunden worden. Alberti aber meinte von dem gangförmig auftretenden Dolomite, „es möchte scheinen, als ob er sich in Breiform erhoben habe."

Man sieht also, dass für dieses räthselhafte Gestein fast alle möglichen Versuche der Erklärung durchgemacht worden sind. Jedenfalls aber sind Viele darin zu weit gegangen, dass sie alle Dolomite für metamorphische Gesteine erklären, und gar keine ursprünglich gebildeten Dolomite zugestehen wollen, deren Wirklichkeit gar nicht zu bezweifeln ist. *Nous pensons au contraire*, sagte Boué im Jahre 1830, *que de véritables dolomies sont des produits neptuniens*, *puisqu'elles sont coquillières*, *et qu'elles gisent en couches horizontales sur des couches arénacées non derangées***). Dasselbe wiederholte er in seinem *Guide du Géologue Voyageur*. Ganz in gleichem Sinne sprachen sich A. Wagner, Wissmann, Fournet und Andere aus, und selbst Coquand und Klipstein geben zu, dass es ursprüngliche, auf sedimentärem oder hydrochemischem Wege gebildete Dolomite geben könne***).

Wir haben uns nun noch mit einer, in die Lehre vom Metamorphismus der Gesteine gehörigen Erscheinung zu beschäftigen, welche gleichfalls zu den hydrochemischen Metamorphosen gerechnet werden muss. Diess ist die Verkieselung (*silicification*), d. h. die mehr oder weniger reichliche Imprägnation gewisser Gesteine mit Kieselerde; eine Imprägnation, welche sich bisweilen bis zu einer gänzlichen Substitution der ursprünglichen Gesteinsmasse durch Hornstein oder dichten Quarz steigern kann.

Eine solche Verkieselung kann wohl lediglich auf hydrochemischem Wege hervorgebracht werden; wenn sie also im Contacte oder in der Nachbarschaft eines pyrogenen Gesteins beobachtet wird, so berechtigt diess nur zu dem Schlusse, dass letzteres den Ausbruch kieselhaltiger Quellen begünstigt, nicht aber, dass es eine Imprägnation mit Kieselerde auf pyrochemischem Wege bewirkt habe. Die sogenannten Kieselschiefer,

*) Leube, im Neuen Jahrb. für Min. 1843, S. 146, und Grandjean, ebend. 1844, S. 546.

**) *Bull. de la soc. géol. t. I*, 1830, *p.* 115.

***) Wagner, Isis 1831, S. 451; Baiersche Annalen, 1833, S. 146 und Geschichte der Urwelt 1845, S. 85 f.; Wissmann, Beiträge zur Petrefactenkunde, 1841, S. 11 f.; *Fournet*, *Bull. de la soc. géol. 2. sér., t. III*, 1845, *p.* 30.

welche so häufig als Umwandlungsproducte von Thonschiefer, Grauwackenschiefer und anderen schiefrigen Gesteinen im Contacte pyrogener Gesteine angegeben werden, dürften sich bei genauerer Untersuchung nicht als wahre Kieselschiefer, sondern als solche Gesteine zu erkennen geben, welche zwar eine grosse äussere Aehnlichkeit mit Kieselschiefer besitzen, durch ihre Schmelzbarkeit und chemische Zusammensetzung aber von ihnen abweichen (S. 550).

Die Verkieselung kommt in grösserem Maassstabe zumal bei Kalksteinen und Sandsteinen, seltner bei Schiefern, Felsittuffen, Trachyttuffen, Felsitporphyren und Graniten vor, wird aber im Contacte quarzreicher Gänge, wenn auch nur in kleinem Maassstabe, bei vielen anderen Gesteinen beobachtet. Nicht selten wird sie von Quarz- oder Hornsteinbildungen in der Form von Trümern, Adern, Nieren, Drusen und anderen accessorischen Bestandmassen begleitet; doch würde das blose Vorkommen dieser letzteren noch nicht zu der Annahme einer Verkieselung berechtigen, welche nothwendig die eigentliche Masse des Gesteins betroffen haben muss. Bei den Kalksteinen erfolgte die Verkieselung auf Unkosten des Gesteins selbst, welches mehr oder weniger verdrängt wurde, und bisweilen gänzlich verschwunden ist, so dass dieselben Schichten, welche ursprünglich Kalkstein waren, jetzt als Hornstein vorliegen. Dasselbe war wenigstens theilweise bei der Verkieselung der Porphyre und Granite der Fall, indem solche eine gänzliche oder partielle Zerstörung ihres feldspathigen Gemengtheils erfuhren. Alle diese Erscheinungen sind nur dadurch zu erklären, dass kieselhaltige Wasser das Gestein längere Zeit imprägnirt und mit Kieselerde erfüllt haben, wobei im Kalksteine der Kalkspath, im Granite der Feldspath in demselben Maasse aufgelöst wurde, in welchem der Absatz der Kieselerde erfolgte.

Bei Roderen unweit Colmar ist der Muschelkalkstein an der Gränze eines porphyrartigen Granites aufgerichtet und völlig verkieselt worden, indem nach den Beobachtungen von Voltz sowohl das Gestein selbst als auch die in ihm enthaltenen Versteinerungen in eine hornsteinähnliche Masse verwandelt sind, deren Höhlungen von Flussspath und Baryt überzogen werden; auch ist zuweilen etwas Bleiglanz eingesprengt*).

In der Bourgogne, bei Autun, Avallon, Chateau-neuf und anderen Orten erscheinen die aus Arkos und Kalkstein bestehenden tiefsten Schichten der Liasformation stellenweise ganz in Hornstein und Chalcedon umgewandelt, auch die Petrefacten des Kalksteins durchaus verkieselt. Diese Erscheinung ist aber dort um so interessanter, weil man deutlich den Zusammenhang

*) *Fournet, Ann. de Chim. et de Phys. t.* 60, *p.* 292; dass hier kieselige Emanationen des Granites gewirkt haben sollen, ist wohl kaum denkbar.

erkennt, in welchem sie mit der Bildung von erzführenden Quarzgängen steht, welche aus dem unterliegenden Granite bis in die Schichten der Liasformation heraufdringen, sich innerhalb derselben verzweigen, und, ausser den kieseligen Mineralien, auch Baryt, Flussspath und Bleiglanz in die Liasgesteine geliefert haben.

Am Rande des Steinkohlenbassins von St. Etienne erhebt sich ein kegelförmiger Quarzitberg, auf dessen Gipfel das Dorf Saint-Priest liegt. Dufrénoy fand in dem hornsteinähnlichen Quarzite Abdrücke von Calamiten und Farnkräutern, und da dasselbe Gestein ganz allmälig in den benachbarten Sandstein übergeht, so unterliegt es wohl keinem Zweifel, dass selbiges nur als die verkieselte Fortsetzung der Schichten des Kohlensandsteins zu betrachten ist.

Der Kalkstein der Silurformation von Tennessee, Kentucky und Indiana ist oft in ganzen Schichten zu Hornstein oder Flint umgewandelt worden; ja, bei Herculaneum in Missouri fand Featherstonhaugh zwei Drittel des ganzen Schichtensystems aus dergleichen Gesteinen bestehend, während weiter nördlich der kieselige Charakter allmälig verschwindet und am Missouri selbst der gewöhnliche Kalkstein ansteht. Dass nun jene Schichten ursprünglich in der That Kalkstein waren, diess folgt schon daraus, weil sie dieselben (obwohl verkieselten) Petrefacten enthalten, wie der Kalkstein; es wird aber ganz besonders auch dadurch bewiesen, dass der genannte Beobachter in Wayne, der südlichsten Grafschaft von Missouri, den oolithischen Kalkstein, welcher in Kentucky und Tennessee unverändert vorkommt, gänzlich verkieselt fand, ohne dass die Form der Oolithkörner gelitten hätte. Diess ist wohl ein Beweis, dass die ganze so ausgedehnte Kalksteinformation in gewissen Regionen von einer Kieselsolution getränkt, bearbeitet und umgewandelt worden ist*).

Ein auffallendes Beispiel für die Verkieselung des Granites liefert die Granitmasse des Stockwerkes von Geyer in Sachsen. Dieselbe wird nämlich von zahlreichen, unter einander parallelen, zinnerzführenden Quarzgängen durchsetzt, in deren Nähe der Granit fast seinen ganzen Feldspathgehalt eingebüsst hat, und dafür dermaassen mit Quarz imprägnirt worden ist, dass er fast nur ein Gemeng aus Quarz mit etwas Glimmer, eine Art von Greisen, darstellt, welcher jedoch ganz allmälig in den unveränderten Granit übergeht. Eben so haben nach v. Weissenbach die Zinnerzgänge der Gegend von Altenberg den angränzenden Porphyr, Gneiss und Granit oft in dem Grade verkieselt, dass die beiden ersteren als Hornstein, der letztere als Greisen erscheint. Ganz dieselbe Erscheinung wiederholt sich nach v. Dechen und v. Oeynhausen an den Granitpartieen von Cligga-Point, St. Austell und St. Michaels-Mount in Cornwall**).

Endlich ist noch die sogenannte Metallisirung (*metallisation*), d. h. die Imprägnation der Gesteine mit Erzen, mit metallischen Mine-

*) *Geol. Report of an examination, made of the elevated country between the Missouri and Redriver*, 1835, *p.* 42 f. und 55.

**) Karstens Archiv für Bergbau, Bd. 17, S. 16, 19 und 23.

ralien zu erwähnen. Diese Erscheinung findet gewöhnlich im Contacte und in der unmittelbaren Nähe von Erzgängen oder Erzstöcken Statt, und besteht wesentlich darin, dass eines oder auch mehre der auf solchen Lagerstätten vorkommenden Erze in der Form von eingesprengten Krystallen und Körnern, von Trümern, Adern oder Nestern auch innerhalb des Nebengesteins auftreten, welches dann selbst einen mehr oder weniger aufgelösten oder veränderten Zustand zu zeigen pflegt. Da auch zuweilen Chlorit, Kohlenstoff und andere Substanzen das Nebengestein imprägnirt haben, so könnte man auch von einer Chloritisirung, Carbonisirung u. s. w. sprechen. Alle diese und ähnliche Erscheinungen aber dürften, mit wenig Ausnahmen, nur durch hydrochemische Operationen der Natur zu erklären sein.

Dritter Abschnitt.

Paläontologie.

A) Allgemeines.

§. 221. *Wichtigkeit der organischen Ueberreste für die Geognosie.*

Wenn wir, ausgehend von dem ursprünglich feurigflüssigen Zustande unseres Planeten, bedenken, dass er sich anfangs mit einer Erstarrungskruste bedeckte, auf welcher später die Wasser der ersten Meere zum Niederschlage kamen, bis er allmälig im Laufe der Zeiten zu der jetzigen Temperatur seiner Oberfläche und zu der gegenwärtigen Vertheilung von Wasser und Land gelangte, so begreifen wir, dass es eine lange Zeit gegeben haben müsse, während welcher die Temperatur der Erdoberfläche noch viel zu hoch war, um das Bestehen organischer Körper zu gestatten. Thiere und Pflanzen konnten erst dann geschaffen werden, als die Temperatur bis auf einen für sie erträglichen Grad herabgesunken war, und alle Gebirgsschichten, welche vor dem Eintreten dieser Temperatur auf dem damaligen Meeresgrunde abgesetzt wurden, müssen sich daher nothwendig als fossil-freie Schichten, als prozoische Bildungen erweisen.

Da nun aber auch seit jenem ersten Auftreten einer Thier- und Pflanzenwelt nicht nur die Temperatur einer fortwährenden sehr langsamen Verminderung unterlag, sondern auch die Vertheilung von Wasser und Land, vielleicht auch die chemische Zusammensetzung des Meerwassers und der atmosphärischen Luft, wiederholten Veränderungen

unterworfen waren, und da solche Veränderungen in den Grundbedingungen des organischen Lebens gleichmässige Umgestaltungen der organischen Natur selbst zur Folge haben mussten, so können wir erwarten, dass die Thier- und Pflanzenwelt von den ältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag verschiedene Stadien der Entwickelung durchlaufen hat, und dass die Organismen, welche in den auf einander folgenden grossen Zeitperioden gelebt haben, eine mehr oder weniger auffallende Verschiedenheit ihrer Form und Organisation erkennen lassen werden.

Diese Voraussetzungen werden nun durch die Erfahrung vollkommen bestätigt, und es gewinnen daher die in den Gebirgsschichten begrabenen organischen Ueberreste eine ausserordentlich hohe Bedeutung für die Chthonographie oder Geognosie der festen Erdkruste. Den verschiedenen Bildungsperioden, wie solche in der Architektur der äusseren Erdkruste hervortreten, entsprechen gewissermaassen verschiedene Schöpfungsperioden in der Thier- und Pflanzenwelt; beide bilden ein paar parallel neben einander fortlaufende Reihen, deren Glieder in einer synchronistischen Correlation stehen; die Reihe der verschiedenen Gebirgsformationen correspondirt einer Reihe von bestimmten Organisationstypen, und es geht diess so weit, dass die Unterscheidung und relative Altersbestimmung zweier, während verschiedener Perioden gebildeten Gebirgsschichten, welche völlig dasselbe Gestein besitzen, und also petrographisch nicht zu unterscheiden sind, leicht und sicher zu bewerkstelligen ist, sobald sie nur eine gewisse Anzahl von deutlich erkennbaren organischen Ueberresten enthalten.

Die Chronologie der Gebirgsformationen, d. h. die relative Altersbestimmung derselben findet also meistentheils ein sicheres Anhalten in ihren organischen Ueberresten, welche gleichsam die Buchstaben des Geburtsscheines bilden, den die Natur mit mehr oder weniger deutlichen Zügen in den Gebirgsschichten niedergelegt hat; sind diese Buchstaben noch erkennbar, so können wir aus ihnen den Namen und das Alter der betreffenden Gebirgsschicht herauslesen; ja, bisweilen ist zu dieser Bestimmung ein einziger solcher Buchstabe hinreichend. Man hat daher auch die organischen Ueberreste recht sinnreich mit den Münzen und Inscriptionen des Alterthums verglichen; denn gleichwie diese dem Geschichtsforscher ein sicheres Anhalten für die Aneinanderreihung der welthistorischen Begebenheiten gewähren, so liefern uns die organischen Ueberreste die schätzbarsten Urkunden für die Entwickelungsgeschichte der äusseren Erdkruste. Dieser Vergleich, von welchem Mantell den Titel zu seinem schönen Buche über Petrefactenkunde: *The medals of creation* *),

*) Eine Uebersetzung dieses Werkes gab C. Hartmann unter dem Titel: Die Denkmünzen der Schöpfung.

entlehnte, wurde schon in der *Histoire de l'Academie royale des sciences*, 1710 *p*. 22 bei Gelegenheit der Anzeige von Scheuchzers *Herbarium diluvianum* ausgesprochen, wo es heisst: *Voilà des nouvelles espèces des medailles, dont les dates sont et sans comparaison plus anciennes, et plus importantes, et plus sûres, que celles de toutes les medailles Grecques et Romaines*. Auch Büffon begann die Einleitung zu seinen berühmten *Epoques de la nature* mit einer, von Reinecke als Motto benutzten Betrachtung, in welcher denen im Schoose der Gebirgsschichten begrabenen Körpern für die Geschichte der Natur derselbe Werth zuerkannt wird, wie den Münzen und Inscriptionen für die Geschichte der Menschheit. Dass man freilich über den verschiedenen Bildungszeiten den Unterschied der Bildungsräume nicht ausser Acht lassen darf, und dass uns in allen Fällen die Lagerungsverhältnisse das wichtigste Argument für die Chronologie der Gebirgsformationen liefern, darauf werden wir später zu sprechen kommen. Die einseitige und ausschliessliche Berücksichtigung der organischen Ueberreste hat wohl bisweilen den Wahn erzeugt, die Geologie sei gar nichts Anderes, als Paläontologie, und daher sind die Einreden erklärlich, welche Boué, Geoffroy-Saint-Hilaire, Mohs u. A. gegen solche Uebertreibungen vorgebracht haben. Allein der Missbrauch einer Sache kann den wahren Nutzen derselben nicht herabsetzen, und immerdar wird wohl das gelten, worauf Scheid, der Herausgeber von Leibniz's Protogäa verweist, wenn er die Frage aufwirft: *Quodsi igitur picturis, nummis, sculpturis in historia antiqua fides aliqua, nec sine ratione habetur, quo, quaeso, pacto copiosam illam suppellectilem concharum, cochlearum et lapidum signatorum omni sua fide privare volumus?**).

Wie die organischen Ueberreste ein wichtiges Hilfsmittel zur Bestimmung der Formationen darbieten, so gewähren sie uns auch einen sichern Aufschluss über die besonderen Umstände und Bedingungen, unter denen die Bildung der Gebirgsschichten erfolgt ist. Es findet nämlich und es fand von jeher ein auffallender Unterschied zwischen denen im Meere und denen in den Landgewässern lebenden Organismen Statt, und dasselbe gilt von allen Thieren und Pflanzen des Landes im Vergleich zu jenen des Wassers. Wir werden daher schon bei der ersten Untersuchung der organischen Ueberreste auf den wichtigen Unterschied der marinen, der limnischen oder fluviatilen, und der fluvio-marinen Bildungen geleitet werden.

Finden wir z. B. in gewissen Schichten nur solche Formen, welche auf Meeresthiere bezogen werden können, so werden wir zu dem Schlusse berechtigt sein, dass jene Schichten auf dem Grunde des Meeres gebildet wurden; und zwar entweder an den Küsten, oder im freien Ocean, je nachdem der Charakter der von ihnen umschlossenen Thiere ein litoraler, oder ein pelagischer ist. Treffen wir dagegen in anderen Schichten nur Ueberreste von Süsswasserthieren, so erkennen wir, dass diese Schichten in Land-

*) *Protogaea, ed. Scheid, präf. p. XII.*

gewässern gebildet wurden, und also entweder einer limnischen, oder einer fluviatilen Formation angehören. Begegnen wir in einem noch anderen Schichtensysteme einem Gemenge von marinen und fluviatilen Organismen, oder auch Ueberresten von Landthieren und Landpflanzen zwischen solchen von Meeresthieren, so können wir überzeugt sein, dass wir es mit einer Bildung zu thun haben, welche an der Meeresküste, vor der Ausmündung eines Flusses oder in einem Aestuario abgesetzt worden ist.

Welchen bedeutenden Antheil aber die organischen Ueberreste an der Bildung der äusseren Erdkruste gehabt haben, diess ist bereits oben (S. 424) angedeutet worden; und später werden wie sehen, dass namentlich gewisse zoogene Gesteine nicht nur häufig ganze Schichten und Schichtensysteme, sondern auch bisweilen ganze Landstriche und Gebirgsketten zusammensetzen.

Ganz abgesehen übrigens von ihrer Wichtigkeit für die Geognosie leisten die organischen Ueberreste auch der Zoologie und Botanik sehr wesentliche Dienste. Die Reihe der jetzt lebenden Thier- und Pflanzengeschlechter zeigt nicht selten Lücken, welche durch vorweltliche Geschlechter ausgefüllt werden. Die in den Gebirgsschichten verwahrten Reliquien, Abdrücke und Abgüsse jener ausgestorbenen Geschlechter bilden daher gleichsam eine Antikensammlung für die Naturgeschichte, reich an Gestalten fremder und wunderbarer Wesen, welche oft abweichen von Allem, was uns die lebende Schöpfung bisher kennen gelehrt hat. „Jene untergegangene Schöpfung ist, wie Klöden so schön sagt, gewissermaassen die Ilias und Odyssee, das Nibelungenlied und der Ossian der allwaltenden Natur, und der Paläontolog ist bemüht, den Text zu ergründen, die richtige Lesart herzustellen, zu verbessern und zu erläutern. Mit der Kenntniss jedes versteinerten Wesens gewinnt der Text eine Zeile und einen Gedanken mehr, und immer erhabener, verständlicher und deutlicher tritt der Sinn und die Bedeutung jener früheren Schöpfung heraus. Von diesem Standpunkte aus erscheint uns die Kunde vorweltlicher Wesen unendlich interessant; jener Geschöpfe einer Zeit, in welcher noch kein Puls eines fühlenden Menschenherzens das unaufhaltsame Weiterschreiten der Zeit zum Bewusstsein brachte, wo das Meer an ganz anderen Stellen wogte und brandete, und das Festland an anderen Stellen die Zinnen seiner Gebirge emporstreckte“ *).

Die organischen Körper der Vorwelt sind freilich meist nur theilweise erhalten, und selbst ihre Ueberbleibsel befinden sich gewöhnlich in einem mehr oder weniger veränderten Zustande, indem ihre ursprüngliche Substanz entweder eine Umbildung, oder auch eine fast gänzliche Substitution durch die Substanz gewisser Mineralien, also eine förmliche Petrificirung oder Versteinerung erlitten hat. Ja, viele haben

*) Klöden in der Einleitung zu seinem Buche: Die Versteinerungen der Mark Brandenburg, 1834, S. 8, wo überhaupt das Interesse und der Nutzen der Paläontologie auf eine höchst geistreiche Weise erörtert werden.

gar nichts, als ihre äussere oder innere Gestalt in der sie umgebenden Gesteinsmasse hinterlassen, während ihr eigentlicher Körper spurlos verschwunden ist, so dass sie gegenwärtig nur noch als organische Gesteinsformen (S. 493) erscheinen. An diese Gesteinsformen schliessen sich jedoch unmittelbar diejenigen organischen Körper an, welche nicht nur ihre Form, sondern auch noch ihre Masse im mehr oder weniger unveränderten Zustande erhalten haben; wie sich denn überhaupt in Betreff der Masse ganz allmälige Abstufungen aus dem Zustande der vollkommenen Versteinerung bis in den Zustand der fast noch völligen Unversehrtheit nachweisen lassen.

Da nun alle diese in so verschiedenen Erhaltungszuständen vorkommenden organischen Ueberreste nicht füglich unter dem Namen Petrefacten oder Versteinerungen zusammengefasst werden können, während sie doch meistentheils im Schoosse der Erde begraben sind, und folglich durch Ausgraben gewonnen werden müssen, so scheint es am zweckmässigsten, sie überhaupt Fossilien zu nennen, und den Gebrauch dieses Wortes nur auf diese Körper zu beschränken, nicht aber auf die eigentlichen Mineralien auszudehnen.

Das genauere Studium dieser Fossilien bildet die Aufgabe eines besonderen und sehr umfänglichen Zweiges der Naturgeschichte, welcher den Namen Petrefactenkunde oder Paläontologie führt, und in der That als die eigentliche Archäologie der organischen Natur betrachtet werden kann. Da nun diese Paläontologie eine sehr wichtige Hilfswissenschaft der Geognosie ist, so kann sie auch in einem Lehrbuche dieser Wissenschaft, wenigstens in einem ganz kurzen Abrisse, zur Erwähnung gebracht werden*).

*) Die folgenden Paragraphen können und sollen nur eine solche ganz kurze Skizze der Paläontologie bieten, und namentlich einige Formen in Bildern vorführen, um dem Leser den Typus der wichtigeren Familien und Geschlechter anschaulich zu machen. Für das ganz unerlässliche weitere Studium sind besonders zu empfehlen:

Bronn, Lethaea geognostica. Dritte Auflage.
Deshayes, Traité élémentaire de Conchyliologie (noch nicht ganz vollendet).
Pictet, Traité élémentaire de Paläontologie, Genève, 1845.
Geinitz, Grundriss der Versteinerungskunde, Dresden 1846.
Mantell, The medals of creation, 1844.
Giebel, Fauna der Vorwelt. Leipzig 1847 und 1848.
Quenstedt, Petrefactenkunde Deutschlands, 1846.
Unger, Synopsis plantarum fossilium. Lipsiae, 1845.
Brongniart, Histoire des végétaux fossiles. Paris 1828—1844.

Ueber das Wesen der Fossilien hatte man in früheren Zeiten mitunter die seltsamsten Vorstellungen. Einige hielten sie für sogenannte Naturspiele; Andere nahmen einen Archäus, einen bildenden Weltgeist, oder auch unterirdische Genien als die Künstler an, welche die Gesteine zu organischen Formen gestalteten; Andere meinten, der in den Gesteinsschichten verstreute Samen von Pflanzen und Thieren habe seinen Bildungstrieb noch innerhalb der Gesteinsmasse mehr oder weniger geltend zu machen vermocht; während noch Andere die Ansicht aufstellten, die Versteinerungen seien nur unreife und verfehlte Ausgeburten, gleichsam der *abortus* eines vorzeitigen Bildungstriebes der Natur. Dass nun dergleichen Phantasieen eben so wenig als andere Ausgeburten des Aberglaubens eine ernstliche Widerlegung bedürfen, würde kaum der Erwähnung werth sein, wenn nicht die zuletzt angeführte Ansicht noch in verhältnissmässig neuer Zeit wieder aufgetaucht wäre*). Gegenwärtig bezweifelt es wohl Niemand mehr, dass die Fossilien jedenfalls Körper oder doch Formen von organischer Abstammung sind, und dass die ihnen entsprechenden Geschöpfe in der Regel während der Bildungsperiode derjenigen Gesteinsschichten gelebt haben, von welchen ihre Ueberreste gegenwärtig umschlossen werden**).

§. 222. *Verschiedene Erhaltungszustände der Fossilien.*

Wenn auch die Thier- und Pflanzenkörper gar nicht selten vollständig und unversehrt in den Gebirgsschichten begraben wurden, so ist es doch begreiflich, dass ihre zarteren und weicheren Theile im Laufe der Zeiten einer Auflösung, Verwesung und Zerstörung unterliegen mussten. Daher pflegen denn die fleischigen, membranosen und gallertartigen Theile des eigentlichen thierischen Leibes, das succulente Zellgewebe und die feineren Gefässe des Pflanzenkörpers ihrem materiellen Bestande nach spurlos verschwunden, und nur die festeren und härteren Theile derselben erhalten zu sein. Von den Pflanzen sind es also besonders Stämme, Zweige, Blätter, Kern- und Steinfrüchte, von den Thieren Polypenstöcke, Schalgehäuse, Schilder, Knochen, Zähne, Schuppen und festere Excremente, welche als die häufigeren Ueberreste vorkommen.

Nur in seltneren Fällen sind auch zartere oder weichere Theile ihrem Stoffe, oder doch wenigstens ihrer Form nach erhalten worden. Dahin gehö-

*) C. v. Raumer, das Gebirge Niederschlesiens, 1819, S. 166.

**) Der grosse Leibniz erklärte sich schon 1691 in seiner Protogäa sehr entschieden gegen diejenigen, *qui ad naturae lusus (inanem vocem) confugiunt vel ad seminales, nescio quas, ideas, inania philosophorum vocabula.* In §. XXIV führt er alle Merkmale auf, welche den organischen Ursprung der Fossilien beweisen, und §. XXV sagt er: *quo exactius introspicies ipsas corporum partes, eo minus de origine dubitabis.*

ren z. B. der Bernstein und andere fossile Harze, sammt vielen ihrer Einschlüsse an Insecten und Pflanzentheilen, die Tintenbeutel vorweltlicher Sepien, die im gefrorenen Sande oder im Eise des nördlichen Sibirien gefundenen, zum Theil noch mit Fleisch, Haut und Haar versehenen Kadaver von *Rhinoceros tichorhinus* und *Elephas primigenius* (Mammut). Tilesius glaubt den Abdruck einer Actinie, Germar den einer Meduse, Rüppel den einer Holothurie beobachtet zu haben, und im Solenhofener Kalkschiefer kommen nicht selten Abdrücke vor, welche nach Agassiz von Fischgedärmen herrühren und daher Kolonlithen genannt worden sind.

Aber auch die vorerwähnten häufiger vorkommenden organischen Ueberreste befinden sich nach Maassgabe ihrer ursprünglichen Natur, ihres Alters und der besonderen Umstände und Einwirkungen, denen sie ausgesetzt waren, in sehr verschiedenen Zuständen der Erhaltung. Als die wichtigsten Modalitäten dieses Erhaltungszustandes glauben wir nach Bronn*) besonders folgende hervorheben zu müssen:

1) Zustand der Verkohlung;
2) Zustand der Verwitterung oder Auslaugung;
3) Zustand der Incrustation;
4) Zustand der Petrificirung oder der eigentlichen Versteinerung, und
5) Zustand der blosen Abformung.

Es ist jedoch nöthig, über jeden dieser Zustände einige Erläuterungen zu geben.

1) Verkohlung (Mumisirung). Dieselbe konnte nur die eigentliche organische Masse der Pflanzen und Thiere betreffen, und setzt also voraus, dass solche nicht gänzlich zerstört, sondern nur auf eine eigenthümliche Weise umgebildet worden ist. Man kennt diese Umbildung sowohl bei pflanzlichen als auch bei thierischen Körpern, doch wird sie bei den ersteren weit häufiger angetroffen, wie uns denn die Braunkohlen und Steinkohlen sehr ausgedehnte und mächtige Ablagerungen von mumisirten oder auch völlig verkohlten Pflanzenmassen vorführen. Für thierische Körper liefern die im Bernsteine eingeschlossenen Insecten sehr ausgezeichnete Beispiele, welche im eigentlichen Sinne des Wortes als Mumien ihrer Art zu betrachten sind.

Die Torfmoore zeigen uns, wie noch gegenwärtig Pflanzenmassen im Zustande der Submersion und unter einem angemessenen Drucke einer eigenthümlichen inneren Zersetzung unterworfen sein können. Die Braunkohlenlager sind nichts Anderes, als halbverkohlte vorweltliche Pflanzenmassen,

*) Geschichte der Natur, II, S. 643 ff.; wir folgen in der Hauptsache den Darstellungen des grossen Paläontologen.

welche ursprünglich als Torfmoore, niedergeworfene Waldungen oder zusammengeschwemmtes Treibholz angehäuft, und von darüber abgesetzten Thon-, Sand- und Geröllschichten bedeckt worden sind. Sie lassen ihren pflanzlichen Ursprung noch sehr deutlich erkennen, zeigen nicht nur Holz, sondern auch Blätter, Früchte, bisweilen sogar Blüthen in einem mehr oder weniger vollkommenen Zustande der Erhaltung, und bilden auch die gewöhnliche Lagerstätte des Bernsteins, Retinites, und anderer fossilen Harze. Die Steinkohle ist wesentlich gar nicht anders zu beurtheilen, als die Braunkohle, obgleich die sie bildenden Pflanzenmassen, weil solche aus weit älteren Perioden stammen, und seit vielen Myriaden von Jahren einem weit stärkeren Drucke und einer höheren Temperatur ausgesetzt waren, in bedeutend höherem Grade zersetzt und umgebildet worden sind. Dasselbe gilt noch weit mehr vom Anthracite.

Die zu einer feinen Kohlenhaut umgewandelten Ueberreste von Farnkräutern und anderen krautartigen Pflanzen, welche so ausserordentlich häufig im Schieferthone und Sphärosiderite der Steinkohlenformation vorkommen, sind keine Abdrücke; sie haben aber natürlich ihre äussere Form und die Sculptur ihrer Oberfläche in dem Gesteine abgedrückt, und lassen nur noch diese Abdrücke erkennen, wenn ihre kohlige Substanz durch äussere Ursachen entfernt worden ist. Dass übrigens in der compacten Steinkohle die Formen der einzelnen Pflanzenkörper nur selten erkannt werden können, diess ist begreiflich, weil bei ihrer an und für sich ziemlich ähnlichen Substanz, die Compression und Zersetzung ein Zusammenfliessen ihrer Contoure, und die Ausbildung einer mehr oder weniger homogenen und stetig ausgedehnten Kohlenmasse zur Folge haben musste. Die Wirkung der Compression giebt sich übrigens auch an denen im Sandsteine oder Schieferthone eingeschlossenen Pflanzenstämmen dadurch zu erkennen, dass sie in der Regel nicht mehr cylindrisch gestaltet, sondern zu ganz flachen bretähnlichen Formen breitgequetscht sind. Die noch gegenwärtig fortdauernde Zersetzung der Steinkohle aber wird durch die Entwicklung von Kohlenwasserstoffgas, Kohlensäure, Steinöl und anderen Zersetzungsproducten dargethan.

Was die thierischen Ueberreste anlangt, welche im mumisirten oder verkohlten Zustande vorkommen, so sind dahin besonders die im Bernsteine eingeschlossenen Insecten und Pflanzentheile zu rechnen; auch im Steinsalze, im Torfe, so wie in der Begleitung von Braunkohle und Steinkohle haben sich bisweilen verkohlte Insecten gefunden.

Besonders interessant sind die fossilen Tintenbeutel von *Loligo* und ähnlichen nackten Cephalopoden, welche zuerst von Miss Anning in den Liasschiefern bei Lyme-Regis entdeckt, und von Buckland im Jahre 1829 beschrieben, später aber auch in Teutschland bei Banz, Boll, Aalen und anderwärts gefunden worden sind. Die Sepia selbst, als der ursprüngliche Inhalt dieser Tintenbeutel, ist zu einer gagatähnlichen spröden Masse erhärtet, lässt sich aber, gerade so wie die gegenwärtig im Handel vorkommende Sepia, als Malerfarbe benutzen*). Die Erhaltung dieser Sepia ist nach Buckland leicht

*) Ich selbst, sagt Buckland, besitze Zeichnungen von ausgestorbenen Loligo-Species, welche mit ihrer eigenen Tinte gezeichnet sind, und mit dieser fossilen Tinte

erklärlich aus der Unzerstörbarkeit des Kohlenstoffs, welcher einen ihrer hauptsächlichen Bestandtheile bildet.

Bailey und Mantell haben sogar in den mikroskopisch kleinen Schalen von Polythalamien der Kreide, namentlich von *Rotalia* und *Textularia*, die zu einer dunkelbraunen Masse umgewandelten Ueberreste des thierischen Körpers gefunden, welche noch deutlich die aus vielen kleinen sackähnlichen, längs des Sipho spiralförmig an einander gereihten Theilen bestehende Form erkennen liessen*).

Auch unterliegt es wohl gar keinem Zweifel, dass die anthracitähnliche Kohle, welche nicht selten in versteinerten Conchylien, zumal in Cephalopodenschalen, angetroffen wird, gleichfalls als das Ueberbleibsel des gänzlich zersetzten thierischen Körpers zu betrachten ist. Dasselbe gilt von der asphalt- oder steinkohlenähnlichen Substanz, welche so viele Fischabdrücke begleitet.

Gewöhnlich aber ist die thierische Materie der versteinerten Conchylien, Korallen u. s. w. entweder spurlos verschwunden, oder nur zu einem geringen Theile und im zersetzten Zustande, als Bitumen und Kohlenstoff, gleichsam wie ein Pigment, in der Masse des Gesteins verbreitet. Die so diffundirten Bestandtheile sind es auch, welche die schwarze, dunkelgraue oder braune Farbe, die bituminose Beschaffenheit und den stinkenden Geruch so vieler Kalksteine verursachen.

2) Verwitterung oder Auslaugung (Calcinirung). Die vorwaltend aus kohlensaurem oder phosphorsaurem Kalke bestehenden organischen Ueberreste, also die Korallen der Polypen, die Conchylien der Mollusken, die Gehäuse der Strahlthiere, die Panzer der Crustaceen, die Knochen der Wirbelthiere u. s. w. haben, zumal wenn sie aus neueren geologischen Perioden stammen, oft nur einen geringen Grad der Umwandlung erlitten, welche wesentlich darin besteht, dass ihr Gehalt an organischer Materie, an Gallert und membranosen Bedeckungen und Zwischentheilen, im Laufe der Zeiten durch allmälige Auslaugung verschwunden ist. Sie verlieren dabei ihren Glanz, ihre Farbe und Durchscheinenheit, und erhalten ein weisses gebleichtes Ansehen, eine rauhe, matte Oberfläche, eine mehr oder weniger erdige und morsche Beschaffenheit, und ein geringeres absolutes Gewicht. Man pflegt sie wohl in solchem Zustande calcinirte Muscheln, Knochen u. s. w. zu nennen, obgleich es, wie Bronn richtig bemerkt, nur eine Art von Verwitterungsprocess ist, welchem sie ausgesetzt waren.

Bei manchen Conchylien zeigen sich indessen die Durchscheinenheit, der Perlmutterglanz und selbst die Farbe mehr oder weniger gut erhalten, obgleich sie zum Theil recht alten Formationen angehören; bei vielen neueren Muscheln

könnte ich die Thatsachen und Ursachen ihrer wunderbaren Erhaltung beschreiben. Geol. und Mineral. übers. von Agassiz, S. 337.

*) *Trans. of the Royal Soc.* 1846, *p.* 465.

aber finden sich noch beide Klappen durch das Schlossband zusammengehalten. Die fossilen Knochen enthalten, nach den Untersuchungen von Girardin und Preisser, stets mehr kohlensauren Kalk als frische Knochen, sind oft reichlich mit Kieselerde und Thonerde imprägnirt, und immer durch einen (schon von Berzelius und Morichini nachgewiesenen) Gehalt an Fluorcalcium ausgezeichnet; ja, dieses letztere kommt nach Middleton bisweilen in recht bedeutender Menge (bis zu 15 Procent) vor, und scheint überhaupt um so reichlicher vorhanden zu sein, je älter die Knochen sind, weshalb Middleton glaubt, dass sich das relative Alter derselben nach ihrem Gehalte an Fluorcalcium bestimmen lassen werde *).

3) Incrustation. Organische Körper und einzelne Theile derselben können unter dazu geeigneten Umständen, d. h. wenn sie frei an der Luft oder im Wasser liegen, oder doch nur innerhalb lockerer, poroser Massen eingeschlossen sind, durch chemische Niederschläge oder durch mechanisch zugeführtes Material eine mineralische Umhüllung oder Incrustation erfahren, durch welche bisweilen sie selbst auf längere Zeit, in allen Fällen aber ihre äusseren Formen auf immer bewahrt bleiben werden, selbst wenn ihre organische Substanz der Vermoderung und Verwesung anheim gefallen ist. Auf diese Weise entstehen eigenthümliche Bildungen, welche man zuweilen, aber mit Unrecht, als Versteinerungen aufgeführt hat, während sie doch nur steinartige Ueberzüge, also blose Uebersteinerungen darstellen, in denen die organische Form um so besser und richtiger hervortritt, je dünner sie sind. Die kalkigen Pflanzen-Incrustate des Kalktuffes (S. 672) liefern ein eben so bekanntes als ausgezeichnetes Beispiel dieser Incrustation, obwohl die nach der Verwesung der Pflanzentheile entstandenen hohlen Räume nicht selten durch neuen Absatz von kohlensaurem Kalk theilweise ausgefüllt worden sind.

Für die frei in die Luft aufragenden Incrustate der Art (zu welchen z. B. viele Sinterbildungen gerechnet werden können) führen Mackay und Whitla ein merkwürdiges Beispiel von Kilrotpoint in Irland an, wo der flache Küstengrund stellenweise mit 2 bis 6 Zoll hohen und 3 bis 4 Linien dicken Stängeln bedeckt ist, welche noch 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss in den Sand hineinreichen. Sie sind hohl, bestehen aus eisenschüssigem zusammengekitteten Sande, und stammen von *Equisetum fluviatile* und *limosum* **). Wahrscheinlich waren sie ursprünglich ganz im Sande eingeschwemmt und sind erst später mit ihren oberen Theilen wiederum frei geweht worden. Weit grossartiger ist dieselbe Erscheinung an den West- und Nordwestküsten Neuhollands durch Peron beobachtet worden, wo Bäume, Sträucher und Pflanzen aller Art durch den

*) Girardin und Preisser, in *Comptes rendus, t. XV*, 1842, *p.* 721 ff.; *Middleton*, in *The Edinb. New Phil. Journ. vol.* 37, 1844, *p.* 285 und im *Quarterly Journal of the geol. soc. I*, 1845, *p.* 214.

**) Bronn, Geschichte der Natur, II, S. 666.

vom Winde zusammen gewehten Sand und Staub völlig incrustirt werden, bis sie endlich absterben und verwesen, worauf dann auch der von ihnen hinterlassene leere Raum mit Quarz- und Kalksand ausgefüllt wird.

An die vorhin erwähnten Incrustate des Kalktuffs schliessen sich die oft sehr dicken Incrustate an, welche sich an den Wasserfällen von Terni im Kirchenstaate durch das zerstiebende kalkhaltige Wasser über Gras, Moos und andere Pflanzentheile absetzen, so wie die an den Wasserfällen von Tivoli um Pflanzenstängel gebildeten Incrustate (S. 671) und die ähnlichen Bildungen, welche so viele heisse Quellen verursachen, von denen wir nur an die bekannten Incrustationen des Carlsbader Sprudelsteins erinnern.

4) Petrificirung; wirkliche Versteinerung. Obgleich schon die Incrustation, sobald sie durch einen chemischen Niederschlag erzeugt wurde, mit einer oberflächlichen Imprägnation des organischen Körpers durch eine mineralische Substanz verbunden sein konnte, so versteht man doch unter der Versteinerung im eigentlichen Sinne des Wortes denjenigen Process, bei welchem ein organischer Körper von einer Mineralsubstanz so vollständig durchdrungen und ersetzt worden ist, dass er durchaus zu einer Steinmasse umgewandelt erscheint, welche dieselben Eigenschaften besitzt, wie das versteinernde Mineral. Es fand also theils eine Imprägnation, theils eine Substitution der organischen Masse durch das petrificirende Mineral Statt. Je nachdem nun dieses letztere entweder ein erdiges oder ein metallisches Mineral ist, pflegt man wohl überhaupt die Versteinerung und die Vererzung, auch die drei gewöhnlicher vorkommenden Fälle insbesondere nach den betreffenden Mineralspecies als Verkieselung, Verkalkung und Verkiesung zu unterscheiden.

In allen Fällen aber haben wir bei diesem Versteinerungsprocesse wenigstens zweierlei verschiedene Modalitäten zu berücksichtigen.

a) Versteinerung solcher Körper, welche mit dem petrificirenden Minerale grösstentheils von gleicher substantieller Beschaffenheit sind. Dahin gehören zuvörderst die durch Kalkspath bewirkten Versteinerungen aller derjenigen thierischen Ueberreste, welche wesentlich selbst aus kohlensaurem Kalke bestehen; also der Korallen, der Conchylien, der Schalen von Strahlthieren und Crustaceen. In diesem Falle hat der, ursprünglich durch biologische Processe ausgeschiedene kohlensaure Kalk eine Umkrystallisirung erfahren, während gleichzeitig alle Poren, Zellen und Zwischenräume durch von aussen eingeführten kohlensauren Kalk erfüllt worden sind. Von den eigenthümlichen Formen und Symmetrieverhältnissen, in welchen hierbei der Kalkspath bei den Krinoiden, Echiniden, Belemniten und einigen Bivalven auftritt, wird im nächsten Paragraphen die Rede sein. In den meisten Fällen ist es jedoch ein sehr feinkörniger oder dichter, zuweilen ein fadig-fasriger Kalkstein, welcher den petrificirten Körper bildet. — Bestanden dagegen die organischen Ueberreste vorwaltend aus phosphorsaurem Kalke und organischer Materie, wie z. B. die Knochen, Schuppen, Zähne und viele Excremente, so

wurde die organische Materie grösstentheils entfernt, und kohlensaurer Kalk eingeführt, weshalb denn dergleichen Petrefacte hauptsächlich aus Kalkphosphat und Kalkcarbonat zu bestehen pflegen.

b) Versteinerung solcher Körper, welche durch ein von ihrer eigenen Substanz wesentlich verschiedenes Mineral petrificirt wurden. Dieser Fall kommt besonders bei Vegetabilien und zumal bei Hölzern vor, welche häufig, theils durch Kieselerde, theils durch kohlensauren Kalk in den Zustand einer so vollkommenen Versteinerung übergegangen sind, dass dabei das feinste Detail ihrer organischen Textur erhalten wurde, welche daher in angeschliffenen Flächen unter dem Mikroskope der genauesten Untersuchung unterworfen werden kann. Ueber den eigentlichen Hergang dieses Versteinerungsprocesses hat in neuerer Zeit vorzüglich Göppert durch viele, äusserst sinnreiche Versuche einen gründlichen Aufschluss gegeben.

Uebrigens bilden sich noch gegenwärtig dergleichen verkieselte Pflanzen; wie z. B. auf Island in der Nähe der Geysir, und auf der Azorischen Insel St. Michael, wo nach Webster die heissen Quellen von Fournas viel Kieselerde absetzen, durch welche Gras, Blätter, Farnkräuter, Holzstücke, Rohre und andere Pflanzentheile vollkommen versteinert werden. Auch berichtet Eschwege, dass im Districte St. Paul in Brasilien ein Bach fliesst, welcher so viel Kieselerde aufgelöst enthält, dass alle in ihn fallende Pflanzentheile erst mit Kiesel incrustirt und dann selbst verkieselt werden. Bekannt ist es, dass die Holzpfähle der von Trajan im Jahre 104 bei Belgrad über die Donau geschlagenen Brücke von ihrer Oberfläche herein einen halben Zoll tief verkieselt sind.

Nach Göppert kommen die durch kohlensauren Kalk versteinerten Hölzer fast eben so häufig vor, als die verkieselten Hölzer; das versteinerte Holz aus der Liasformation von Whitby und das sogenannte Sündfluthholz aus der Wacke von Joachimsthal liefern Beispiele von den ersteren, so wie der gewöhnliche Holzstein und der Holzopal sehr bekannte Beispiele von verkieselten Hölzern sind. Dagegen kommen die durch Eisenspath, Gyps, Eisenoxydhydrat, Eisenkies und andere Mineralien versteinerten oder vererzten Hölzer minder häufig, und zum Theil sehr selten vor.

Eine zweite sehr zahlreiche Reihe von Petrefacten dieser Art bilden die nicht in Kalkstein verwandelten Korallen, Amorphozoen, Conchylien u. s. w., welche solchenfalls am häufigsten verkieselt zu sein pflegen. Bei dieser, durch Hornstein, Chalcedon oder Flint bewirkten Verkieselung ist nun zwar die organische Form erhalten, die organische Structur dagegen meist gänzlich verloren gegangen, obwohl einzelne organische Theile, z. B. die *Spiculae* der Schwämme noch deutlich innerhalb der Flintmasse zu erkennen sind. In vielen Fällen dürfte daher diese Verkieselung als eine blosse Abformung zu betrachten sein, indem die kalkigen organischen Körper zerstört und ihre Räume mit Kieselerde ausgefüllt worden sind. Ueberhaupt aber sind hierher alle die Fälle zu rechnen, da die ursprünglich kalkigen oder hornartigen thierischen Ueberreste nicht durch Kalkspath, sondern durch irgend ein anderes Mineral petrificirt wurden.

5) Abformung; Bildung von Abdrücken, Abgüssen und Steinkernen. Diese Art von Fossilien bildet eine ausserordentlich häufig vor-

kommende und mit der eigentlichen Versteinerung durchaus nicht zu verwechselnde Erscheinung, obwohl sie ganz gewöhnlich in der unmittelbaren Begleitung der letzteren vorkommt und vorkommen muss. Durch die Abformung im Gesteine werden nur Zoomorphosen und Phytomorphosen, nur Abdrücke und Modelle von organischen Körpern, aber keine eigentlichen Petrefacten gebildet. Allein diese abgeformten Gestalten haben für die Geognosie denselben Werth, wie die übrigen Fossilien, sobald sie nur deutlich und vollständig genug sind, um noch das Genus und die Species erkennen zu lassen. Man unterscheidet sie nach ihrer besonderen Beschaffenheit als äussere Abdrücke (Spurensteine), als innere Abdrücke oder Steinkerne, und als Abgüsse.

Wenn nämlich ein organischer Körper in einer Schicht von Sand, Thon oder Kalkschlamm begraben wurde, so musste er nothwendig in der ihn umschliessenden Masse einen Abdruck seiner äusseren Form bilden, in welchem auch die ganze Sculptur seiner Oberfläche um so genauer und schärfer ausgeprägt sein wird, je feiner und plastischer die einhüllende Masse war. Aber freilich werden in diesem Abdrucke alle ausspringenden Theile als einspringende Theile, alle Erhöhungen als Vertiefungen erscheinen, und umgekehrt. Wurde nun der eingeschlossene Körper später zerstört und entfernt, so blieb dieser Abdruck entweder leer zurück, oder sein Raum wurde durch neue Mineralsubstanz ausgefüllt; auf diese Weise entstand also entweder ein bloser Abdruck, oder auch ein förmlicher Abguss der äusseren Form.

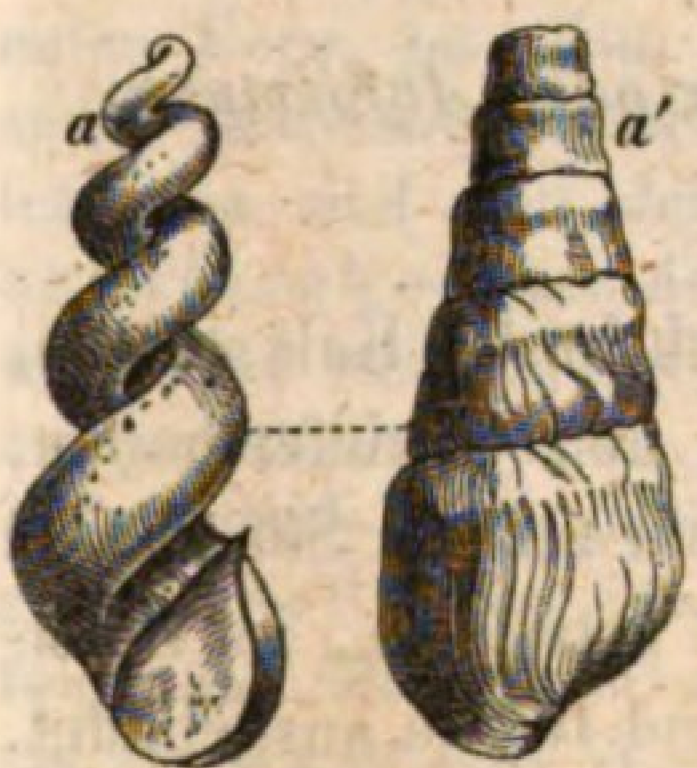
Man hat diese Abdrücke und Abgüsse auch Spurensteine genannt, weil sie uns nur die Spur eines früher vorhandenen Körpers vergegenwärtigen. Als solche Spurensteine in der eigentlichen Bedeutung des Wortes sind besonders die oben S. 508 beschriebenen Ichniten oder Thierfährten zu betrachten. Zu den Abgüssen gehören auch sehr viele von denen in der Steinkohlenformation vorkommenden Stämmen vorweltlicher Pflanzen, welche nicht selten aus grobem Sandstein bestehen, dessen Material in die vorher gebildeten Hohlabdrücke eingeschwemmt worden ist.

War der in der Gesteinsmasse eingeschlossene Körper hohl, wie z. B. ein Schneckengehäuse, eine zweiklappige Muschel, eine Seeigelschale, so wird die umhüllende Masse gewöhnlich auch in das Innere gedrungen sein und eine vollständige Ausfüllung der Cavität bewirkt haben. Dann entstand, zugleich mit dem äusseren Abdrucke, ein innerer Abdruck, oder vielmehr ein Abguss der inneren Cavität, und diese Abgüsse der inneren Formen hohler Körper sind es, welche man Steinkerne nennt. Bisweilen ist aber das innere Ausfüllungsmaterial verschieden von dem äusseren Umhüllungsmaterial, und dann erst später in der Höhlung abgesetzt worden; wie z. B. die Flintmasse, welche so häufig die Steinkerne der in der Kreide eingeschlossenen Echiniden bildet, während ihre Schale selbst in Kalkspath umgewandelt worden ist.

Wurde nun der solchergestalt eingehüllte und ausgefüllte organische Körper (z. B. ein Schneckengehäuse) später, vielleicht durch kohlensäurehaltiges Wasser, allmälig zerstört und entfernt, so entstand zwischen dem



Steinkerne und dem Abdrucke ein leerer Zwischenraum, eine Fuge, genau von der Form des Schalgehäuses; wie es z. B. in beistehendem Holzschnitte das Bild *b* zeigt, welches einen nach dem Schneckengehäuse *b'* gebildeten Steinkern noch im Gesteine enthalten darstellt. Es ist diess eine, sowohl bei einschaligen als auch bei zweischaligen Conchylien, zumal wenn sie in Sandstein eingeschlossen sind, sehr häufig vorkommende Erscheinung. War das Gestein nach der Entfernung der Schale noch weich genug, dass es dem äusseren Drucke nachgeben konnte, so ist der Zwischenraum verschwunden und nur der Steinkern allein erhalten geblieben. Wurde dagegen der Raum dieser Hohlform mit neuer Mineralsubstanz ausgefüllt, so entstand ein Abguss, ein vollständiges Modell der ursprünglichen Schale.



Da man von den Conchylien sehr häufig nur Steinkerne findet, und diese ein von der Schale selbst sehr abweichendes Ansehen haben, wie z. B. in beistehender Figur das Bild *a* lehrt, welches den Kern der Schnecke *a'* vorstellt, so hat Agassiz aufmerksam darauf gemacht, wie wichtig für den Paläontologen auch das Studium dieser inneren Räume der Muscheln und Schnecken ist, und zur Erleichterung dieses Studiums Abgüsse oder Modelle von Steinkernen vieler noch lebenden Species anfertigen lassen*). Bei den meisten Korallen erhalten auch die äusseren Abdrücke ein sehr trügerisches Ansehen, weil natürlich die Lamellen als Fugen, und die Fugen als Lamellen erscheinen. Zu den eben so bekannten als interessanten Erscheinungen gehören auch die sogenannten Schraubensteine, welche nichts anderes als Steinkerne von Säulenstücken gewisser Krinoiden sind.

Wir können diese Betrachtung nicht beschliessen, ohne noch ein paar Worte über die angeblich lebendigen Fossilien zu sagen. Man hat nämlich bisweilen Thiere, besonders Kröten, Frösche und andere Reptilien in Spalten und Höhlungen des Gesteins noch lebend so allseitig umschlossen gefunden, dass man folgern zu können meinte, sie seien schon zur Zeit der Bildung des Gesteins in selbigem begraben worden. Solche lebendig begrabene Reptilien sind aber nicht nur in neueren Schichten, sondern mitunter in sehr alten Bildungen, wie z. B. im silurischen Kalkstein, im Alaunschiefer, im Kupferschiefer, im Keuper angetroffen worden. Zur Erklärung dieses Vorkommens haben Thompson, Carus u. A. geschlossen, dass diese Thiere wohl zur Zeit ihres Winterschlafes, im torpiden Zustande, von der Gesteinsmasse eingehüllt und dadurch in den Stand gesetzt worden seien, Jahrtausende hindurch ihre Lebenskraft zu bewahren. Indessen trägt das *visum repertum* in Betreff aller dieser lebendig Begrabenen immer einen so äusserst unsicheren und mangelhaften Charakter, dass wir gewiss nicht berechtigt sind, sie für vorweltliche Thiere zu halten. Eine im Silurischen Kalkstein eingeschlos-

*) Neues Jahrbuch für Min. 1838, S. 50 und 1841, S. 832.

sene Kröte, eine in der Steinkohlenformation begrabene Eidechse könnte unmöglich mit irgend einer jetzt lebenden Kröten- oder Eidechsen-Species identisch sein; und wie konnte eine damalige Kröte lebend in das Meer der Silurischen Formation gelangen! Es wird nicht berichtet, dass man an diesen Thieren eine auffallende Verschiedenheit von den gleichnamigen, in der betreffenden Gegend jetzt lebenden Thieren wahrgenommen habe, und wäre diess der Fall gewesen, so würde die Entdeckung einer neuen ausgestorbenen Species gewiss Aufsehen erregt haben. Das Vorkommen solcher Thiere ist daher wohl jedenfalls nur so zu erklären, dass Eier oder ganz junge Individuen derselben auf Spalten des Gesteins in die Tiefe gelangt und daselbst so weit zur Entwicklung gelangt sind, dass sie aus ihrem Schlupfwinkel nicht wieder herauskriechen konnten.

§. 223. *Mineralien, welche bei der Petrificirung oder Abformung gedient haben.*

Die meisten thierischen Fossilien finden sich in den Kalksteinen, in gewissen Dolomiten und Mergeln, in Thonen und Schieferthonen, im Sandsteine und Sande; in den Thonen, Mergeln und im Sande sind sie oft sehr gut erhalten, in den Kalksteinen meist petrificirt, im Sandsteine und Dolomite gewöhnlich nur als Abdrücke und Kerne ausgebildet. Die pfanzlichen Fossilien scheinen vorzugsweise auf Sandsteine, Schieferthone, Grauwackenschiefer und verwandte Gesteine gewiesen zu sein, in Kalksteinen seltner vorzukommen; sie finden sich bald verkohlt, verkieselt, verkalkt, bald nur in Abdrücken, Steinkernen und Abgüssen.

Wenden wir uns jedoch von diesen ganz allgemeinen Angaben zu der specielleren Frage, welche Mineralien sowohl für den eigentlichen Versteinerungsprocess, als auch für die verschiedenen Abformungen das Material zu liefern pflegen, so erhalten wir die Antwort, dass, ausser den verschiedenen Gesteinsmassen (als den gewöhnlichsten Materialien für die Abformungen) besonders drei Substanzen eine grosse Wichtigkeit erlangen, nämlich der Kalkspath, die Kieselerde und der Eisenkies*).

Der Kalkspath erscheint theils als solcher, theils als körniger, fasriger oder dichter Kalkstein bei weitem als das häufigste Material der Versteinerung und Abformung, und ist wohl bei den wirklich versteinerten Korallen und Conchylien durch eine Umbildung des ursprüng-

*) Ausführliche Betrachtungen über diesen Gegenstand gaben Landgrebe, in seinem Werke über die Pseudomorphosen, S. 246 ff.; Bronn, in seiner Geschichte der Natur, II, S. 673 ff., und Blum, im Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreiches, S. 152 ff.

lich vorhandenen Aragonites entstanden (S. 747). Aber auch Pflanzenreste, und zumal Hölzer, sind nicht selten durch kohlensauren Kalk petrificirt oder abgeformt worden.

Wir haben noch hierbei einer Erscheinung zu gedenken, welche bei gewissen, durch Kalkspath oder Faserkalk versteinerten Fossilien häufig wahrgenommen wird. Es ist diess die bei ihnen vorkommende symmetrische Stellung und Gruppirung der Kalkspath-Individuen, welche nicht durch die Krystallformen dieses Minerales, sondern durch die organische Form des fossilen Körpers vorgeschrieben wird.

Hessel machte bereits im Jahre 1826 in einer besonderen Schrift*) auf die merkwürdigen Beziehungen aufmerksam, welche in denen, gewöhnlich durch Kalkspath versteinerten Krinoidengliedern zwischen der pentagonalen Form derselben und der Stellung und Anordnung der einzelnen Kalkspath-Individuen Statt finden. Die krystallographischen Hauptaxen der letzteren sind stets der, durch den sogenannten Nahrungscanal bestimmten organischen Axe des Stielgliedes parallel, und die einzelnen (meist zu 5 oder 10 vorhandenen) Kalkspath-Individuen selbst haben eine solche gegenseitige Stellung, dass je eine ihrer Neben- oder Zwischenaxen mit einer der Transversal-Axen (oder Höhenlinien) des Pentagones parallel ist. Die so gruppirten Systeme von Kalkspath-Individuen sind aber in je zwei auf einander folgenden Gliedern derselben Krinoidensäule einander nicht parallel, sondern um einen gewissen Winkel verdreht, welche Drehung abermals unter bestimmten Gesetzen steht, mit deren genauer Erforschung sich Hessel ausführlich beschäftigt hat.

Eben so sind die Echinidenschalen häufig in Kalkspath umgewandelt, wobei dann jedes der Täfelchen, aus welchen die Schale zusammengesetzt ist, ein Kalkspath-Individuum bildet, dessen Hauptaxe rechtwinkelig auf den Seitenflächen des Täfelchens steht, während seine äussere Form mit der des letzteren übereinstimmt. Da nun alle diese Täfelchen, wie die Mauersteine eines Gewölbes, unter sehr stumpfen Winkeln zusammenstossen, die einzelnen Kalkspath-Individuen aber einander nicht parallel sind, so lassen sich auch die Spaltungsflächen derselben nicht stetig um die Echinidenschale herum verfolgen. — Die durch Kalkspath versteinerten Cidaritenstacheln aber zeigen sehr häufig die Merkwürdigkeit, dass sie aus einem einzigen Kalkspath-Individuo bestehen, dessen Hauptaxe mit der Längsaxe des Stachels zusammenfällt. Nach Blum sind auch bisweilen Molluskenschalen dergestalt in Kalkspath umgewandelt, dass derselbe nur auf ein mineralogisches Individuum bezogen werden kann.

Wenn fasriger Kalk als Versteinerungsmittel auftritt, so pflegt die Stellung seiner Individuen gleichfalls in einer bestimmten Relation zu der Form des versteinerten Körpers zu stehen. Diess ist sehr auffallend in den Belemniten, deren spitz-kegelförmige, keulenförmige oder cylindrische Scheide in

*) Einfluss des organischen Körpers auf den unorganischen in Enkriniten u. s. w. Marburg, 1826.

der Regel aus Faserkalk besteht, dessen Fasern strahlenförmig um die Axe der Scheide, und fast rechtwinkelig auf selbige gestellt sind. In denen durch Faserkalk versteinerten zweischaligen Conchylien, z. B. von Inoceramus, Pinna, Ostrea, stehen dagegen die Fasern rechtwinkelig gegen die Oberfläche der Schale.

Kieselerde, theils als Quarz und Hornstein (Holzstein), theils als Chalcedon, Flint und Opal (Holzopal), erscheint gleichfalls sehr häufig nicht nur als Versteinerungsmaterial, sondern auch als das Material von Steinkernen und Abgüssen. Dabei bildet die bei gewissen Fossilien sehr gewöhnlich vorkommende Ablagerung von runden, concentrisch-ringförmig zusammengesetzten Kieselscheibchen eine äusserst merkwürdige Erscheinung, welche zuerst von Sauvage im Jahre 1743 bemerkt, nach ihren näheren Verhältnissen und Bedingungen aber besonders von Leopold v. Buch, Al. Brongniart, Voith, Bronn und Blum genauer untersucht worden ist*).

Man findet nämlich viele, ursprünglich kalkige Fossilien, namentlich Molluskenschalen und Korallen, welche mit kleinen, kreisrunden, scheinbar aus flachen oder einander nach unten umgreifenden Ringen bestehenden chalcedonähnlichen Kieselscheiben bedeckt sind, in deren Mitte sich eine kleine Warze oder ein Nucleus aus derselben Substanz befindet. Diese Kieselring-Lamellen erscheinen aber nicht nur auf der Oberfläche, sondern auch im Innern der Schale, berühren sich oft seitlich, und erleiden dadurch mancherlei Biegungen im Verlaufe ihrer Contoure und Lineamente. Sie kommen übrigens theils bei verkieselten, theils bei verkalkten Fossilien vor, und man hat wohl die ganze Erscheinung als eine durch die organische Substanz und Textur geleitete Wirkung der Molecular-Anziehung der im gallertartigen Zustande abgesetzten Kieselerde zu betrachten, mit welcher eine chemische Ausscheidung des ursprünglich vorhandenen kohlensauren Kalkes verbunden war.

Eisenkies, als Pyrit, ist nächst dem kohlensauren Kalke und der Kieselerde unstreitig als eines der wichtigsten Mineralien für die Erhaltung der Fossilien zu betrachten. Er erscheint als solches selten bei Muscheln, häufiger bei Schnecken und Amorphozoen, am häufigsten bei Cephalopoden, zumal bei gewissen Ammoniten, deren Schalen wohl bisweilen verkiest sind, weit öfter jedoch Steinkerne von Eisenkies hinterlassen haben. Es ist merkwürdig, dass dergleichen verkieste Fossilien besonders in Schichten von Thon und thonigen Mergeln, so wie in bituminosen oder kohlenstoffhaltigen Gesteinen angetroffen werden. Ihre Bildung

*) Leopold v. Buch, in Abhandl. der K. Akad. der Wissensch. zu Berlin vom Jahre 1828, S. 45 ff.; Brongniart, in *Bull. des sc. nat.* 1831, Oct. p. 40 ff.; Voith, im Neuen Jahrb. für Min. 1836, S. 290 u. 676; Bronn, Geschichte der Natur, II, S. 698 ff. und Blum, Nachtrag zu den Pseudomorphosen, S. 190 ff.

scheint jedenfalls auf einer, durch die organische Materie bedingten Zersetzung von Eisenvitriol zu beruhen. Die Eisenkieskerne und eben so die durch Eisenkies vererzten Amorphozoen sind später sehr gewöhnlich in Brauneisenerz umgewandelt worden.

Seltener und zum Theil sehr selten haben die folgenden Mineralien als Versteinerungsmittel gedient.

Eisenspath, als thoniger Sphärosiderit, dürfte nach der Häufigkeit seines Vorkommens unmittelbar auf den Eisenkies folgen, und hat besonders in der Steinkohlen- und Braunkohlenformation häufig das Material zur Umschliessung und Abformung von Pflanzentheilen geliefert.

Gyps; die Gypslager der Keuperformation vom Asberg bei Ludwigsburg und von Untertürkheim bei Kanstatt umschliessen mehre Muschelspecies, deren Schalen nicht nur von Gyps ausgefüllt, sondern auch in Gyps umgewandelt sind. Als Umhüllungs- und Abformungsmaterial tritt der Gyps auf im Montmartre, bei Aix in der Provence, bei Stradella unweit Tortona in Piemont.

Vivianit oder Blaueisenerde findet sich nach Torrey, in der Form von Belemniten und zweischaligen Muscheln, in den Mullica-Hills in New-Jersey.

Flussspath; Bournon führt an, dass im Kohlenkalksteine von Derbyshire Stielglieder von Krinoiden, theilweise in Flussspath verwandelt, vorgekommen sind.

Baryt. Bei Nontron (Dep. der Dordogne) finden sich im Kalksteine und Arkos der Liasformation verschiedene Conchylien, besonders aber Belemniten, in Baryt umgewandelt; dasselbe soll bei Alençon der Fall sein (*Bull. de la soc. géol. VIII*, 334). Eben so ist die Schale mancher Ammoniten von Whitby in Yorkshire und die des *Amm. costatus* von Banz durch braunen Baryt petrificirt; Rouault hat gezeigt, dass diess auch bei vielen Trilobiten der Bretagne vorkommt (*Comptes rendus*, *t.* 27, 1848, *p.* 81). Theilweise durch Baryt versteinertes Holz kennt man aus der Liasformation von Mistelgau in Franken, und Göppert beschrieb den Abdruck eines Pinuszapfens in einer Barytniere von Kreuznach (Neues Jahrb. 1848, S. 24).

Cölestin. Er findet sich als Versteinerungsmittel und Ausfüllungsmaterial von Ampullarien bei St. Cassian in Tyrol, als Abgussmaterial verschiedener tertiärer Fossilien bei Monte Viale unweit Vicenza, so wie nach d'Orbigny in mehren Fossilien der Neocombildung von St. Dizier im Dep. Haute Marne.

Bleisulphat. Nach d'Orbigny kommen bei Sémur die Schalen von Gryphäen bisweilen in Bleivitriol umgewandelt vor.

Bleicarbonat. Auf denen im Kalkstein aufsetzenden Bleierzgängen von Kielce in Polen kommen nach Blöde häufig Stielglieder von Krinoiden vor, welche in Bleicarbonat verwandelt sind (Neues Jahrb. 1834, S. 638).

Zinkspath. Mentzel fand auf der Erzlagerstätte von Tarnowitz die Ueberreste von *Myacites elongatus* und *Lima striata* durchaus in Zinkspath umgewandelt*).

*) Nöggerath, im Neuen Jahrb. für Min. 1843, S. 783; dabei erwähnt er Incrustate von Zinkspath über dem Zimmerholze alter Galmeigruben und über einem

T a l k. Findet sich als Versteinerungsmittel (oder doch als Ausfüllungsmaterial der Abdrücke) von Farnkräutern bei Moutiers in Savoyen. Auch die weisse Substanz der in den schwarzen Kieselschiefern vorkommenden Graptolithen gehört vielleicht hierher; wenigstens ist sie kein kohlensaurer Kalk.

P i n g u i t, oder doch ein sehr ähnliches Mineral bildet die Ausfüllung oder den Ueberzug von Pflanzenabdrücken im Thonsteine von Reinsdorf und Planitz bei Zwickau.

B r a u n e i s e n e r z; erscheint häufig als Steinkern, gebildet durch Umwandlung von Eisenkies; bisweilen auch als Vererzungsmittel von Pflanzenresten, wie z. B. in der Braunkohlenformation von Plass und Schlackenwerth in Böhmen.

R o t h e i s e n e r z; sehr selten als Eisenglanz, wie z. B. bei Thoste und Montigny unweit Semur (dep. Côte d'Or), wo die Schalen von Unionen, Gryphäen und Ammoniten des Liaskalksteins in strahligen Eisenglanz verwandelt sind; öfter als dichtes, erdiges oder schuppiges Rotheisenerz (Eisenrahm) wie bei Oberscheld und Weilburg in Nassau, wo sehr verschiedene Fossilien der Devonischen Formation diesen Zustand der Vererzung zeigen, und eben so auf den Rotheisenerzlagern der Gegend von Brilon in Westphalen*).

B l e i g l a n z. Nach Blum sehr selten als Vererzungsmittel von Bivalven im Zechstein der Gegend von Frankenberg in Hessen, und im Keupermergel bei Trappensee unweit Heilbronn. Dumas berichtet, dass bei le-Vigan (dep. du Gard) die Belemniten des Liaskalksteins in der Nähe eines Bleiglanzganges bisweilen in Bleiganz umgewandelt sind; *Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. III*, *p.* 608; und Perl fand in einer Sphärosideritniere bei Zwickau den Abdruck eines Neuropterisblattes auf einem Anfluge von Bleiglanz; Neues Jahrb. 1833, S. 309.

Z i n k b l e n d e. Nach Heuser fanden sich am Deister bei Egisdorf in einem Schieferthone Conchylien, deren Schalen in braune Zinkblende umgewandelt waren.

K u p f e r g l a n z. Bekannt sind die durch dieses Mineral vererzten Cupressitenreste von Frankenberg in Hessen.

K u p f e r k i e s bildet gar nicht selten Anflüge auf den Fisch- und Pflanzenabdrücken des Kupferschiefers von Mansfeld, Eisleben und Riechelsdorf; seltner erscheinen auf dieselbe Weise B u n t k u p f e r k i e s und g e d i e g e n e s K u p f e r. Eben so sind die Stämme, Aeste und anderen Pflanzenreste der Permischen Formation Russlands sehr reichlich mit Kupfererzen, zumal mit Kupferkies und Kupferglanz imprägnirt**).

Büschel von Baumblättern, als Beweise sehr neuer Bildung dieses Minerals, für welche auch V. Monheim eine Thatsache von Stollberg bei Aachen anführt; Verhandl. des naturf. Vereins der Preuss. Rheinlande, 1849, S. 25.

*) *Rozet*, im *Bull. de la soc. géol.*, *IV*, *p.* 116; N ö g g e r a t h, im Neuen Jahrb. 1840, S. 555; S a n d b e r g e r ebend. 1843, S. 775 u. 1845, S. 176; v. D e c h e n, im Archiv für Min. u. s. w. Bd. 19, S. 471.

**) Murchison theilt gelegentlich die interessante Notiz mit, dass in einem Torfmoore bei Dolgelle in Nordwales Pflanzentheile vorkommen, welche mit Malachit, Kupferlasur und selbst mit gediegenem Kupfer imprägnirt sind. *The Geology of Russia*, *p.* 169.

Zinnober oder Mercurblende bildet nicht selten einen Anflug auf den Fischabdrücken von Münsterappel in Rheinbaiern; auch erwähnt Blum ein durch Zinnober vererztes Holzstämmchen von Moschellandsberg.

Schwefel. Bei Teruel in Aragonien sind nach Braun in den Schichten einer Süsswasserbildung Myriaden von *Planorbis* und *Chara* in Schwefel umgewandelt.

Dass übrigens viele der genannten und auch andere Mineralspecies bisweilen innerhalb der Höhlungen der versteinerten organischen Körper in Drusen oder in einzelnen Krystallen ausgebildet vorkommen, ist eine bekannte und noch neuerdings von Quenstedt, wegen ihrer Wichtigkeit für die Theorie der Erzgänge, hervorgehobene Erscheinung *). Als besonders interessant wegen ihrer Beziehungen zu der organischen Materie ist das zuweilige Vorkommen einer anthracitähnlichen Kohle innerhalb der versteinerten Cephalopoden, und das Vorkommen von Vivianit, welcher nach Verneuil und Huot bei Kertsch und an anderen Orten der Krimm das Innere der Muschelschalen erfüllt.

B) Fossile Pflanzen.

§. 224. *Beschaffenheit der Pflanzenreste.*

Die fossilen Pflanzenreste finden sich gewöhnlich in einem mehr oder weniger verstümmelten Zustande. Die Pflanzenstämme, als die solidesten Theile, erscheinen nur selten noch mit ansitzenden Wurzeln und Aesten, ja sogar selten in einiger Integrität, sondern meist in einzelnen Fragmenten, welche jedoch bisweilen 20, 30 und mehr Fuss Länge erreichen, und dabei eine angemessene Dicke besitzen **). Dabei sind diese Stämme und Stammtheile gewöhnlich stark zusammengedrückt, und nur dann noch cylindrisch gestaltet, wenn sie sich in Bezug auf die Schichten, in welchen sie vorkommen, in aufrechter Stellung befinden; d. h. wenn sie ungefähr rechtwinkelig durch diese Schichten hindurchgreifen. Dergleichen nicht so gar häufig vorkommende aufrechte Stämme sind besonders deshalb sehr merkwürdig, weil sich die meisten derselben noch an ihrem ursprünglichen Standorte und in ihrer normalen Lage zu denen sie einschliessenden Schichten befinden ***).

*) Neues Jahrb. 1847, S. 494, und Petrefactenkunde Deutschlands, I, S. 26.

**) Am Pützberge bei Friesdorf unweit Bonn ist in der Braunkohle ein aufrecht stehender Stamm von 12 Fuss Durchmesser gefunden worden.

***) Nöggerath gab eine interessante Schilderung solcher Stämme in seiner Ab-

Ihre oberen Theile sind gewöhnlich abgebrochen, und obgleich sie sich ursprünglich immer in einer verticalen Stellung befinden mussten, so können sie doch in einer stark geneigten Lage erscheinen, wenn das sie einschliessende Schichtensystem eine Aufrichtung erfahren hat. Uebrigens sind die aufrechten wie die plattgedrückten Pflanzenstämme, besonders in der Steinkohlenformation, sehr häufig mit einer Kohlenrinde versehen, während der innere Theil mit Sandstein, Schieferthon oder anderer Gesteinsmasse ausgefüllt ist.

Die Blätter finden sich meist abgelöst von den Zweigen und isolirt im Gesteine; eben so trifft man das Laub der Farnkräuter gewöhnlich nur in einzelnen Wedeln, weit öfter in blosen Fragmenten derselben.

Blüthen gehören im Allgemeinen zu den äusserst seltenen Erscheinungen, weil sie bei ihrer Zartheit der Zerstörung weit leichter unterliegen mussten, als andere Pflanzentheile.

Früchte kommen dagegen häufiger vor, aber gleichfalls in der Regel isolirt, mit Ausnahme der Fructificationen der Farnkräuter, welche sich nicht so gar selten auf der Unterseite des verkohlten Laubes oder auch in den Abdrücken desselben erkennen lassen.

Die fossilen Pflanzenreste besitzen daher überhaupt einen mehr oder weniger fragmentaren Charakter, indem einigermaassen vollständige Individuen als Seltenheiten zu betrachten, und wohl auch nur bei kleineren krautartigen, oder bei sehr einfach gebauten grösseren Pflanzen zu erwarten sind. In der Regel sind es nur die *disjecta membra* von Pflanzenkörpern, denen wir begegnen, und weil diese einzelnen Glieder dahin und dorthin verstreut worden sind, so können sie auch nur selten mit Sicherheit auf einander bezogen und als die zusammengehörigen Theile einer und derselben Pflanze erkannt werden. Man ist daher oft genöthigt, den einzelnen Theil als ein selbständiges Ganzes zu nehmen und unter besonderem Namen, als den Repräsentanten einer eigenen Species und selbst eines eigenen Geschlechtes aufzuführen.

Rechnet man nun hierzu den oft sehr unvollkommenen Erhaltungszustand des wirklich vorliegenden Ueberrestes, und die Verschiedenheiten der Formen, welche für die gleichartigen Organe einer und derselben Pflanze durch die verschiedenen Stadien ihrer Entwickelung, oder durch ihre Stellung in verschiedenen Regionen der Pflanzenaxe herbei-

handlung: Ueber aufrecht im Gebirgsgestein eingeschlossene fossile Baumstämme, Bonn 1819, und: Fortgesetzte Bemerkungen über fossile Baumstämme, 1821.

geführt werden können*), so wird man begreifen, dass die richtige Bestimmung der fossilen Pflanzenreste oft mit grossen Schwierigkeiten verbunden ist, und wird sich nicht darüber wundern, wenn in der Deutung einzelner Formen zuweilen Irrthümer unterlaufen konnten.

Indem wir uns nun zu einer ganz kurzen Betrachtung einiger fossilen Pflanzenformen wenden, so legen wir dabei die von Unger in seiner *Synopsis plantarum fossilium* aufgestellte Reihenfolge zu Grunde, in welcher die sämmtlichen fossilen Pflanzen in 39 Classen aufgezählt werden, denen ausserdem eine Classe für diejenigen Pflanzenreste beigefügt ist, deren Stellung noch zweifelhaft erscheint. In dieser Synopsis, welche im Jahre 1845 erschien, wurde die Zahl der damals bekannten fossilen Species auf 1648 bestimmt, während solche von Göppert in demselben Jahre auf 1792, und neuerdings von Bronn auf 2055 veranschlagt worden ist. Die Flora der Jetztwelt begreift dagegen ungefähr 80,000 Species, so dass uns von den vorweltlichen Pflanzen verhältnissmässig nur ein kleiner Theil bekannt ist.

§. 225. *Algen, Calamiten, Asterophylliten und verwandte Formen.*

Die 1. Classe der Algen begreift die Conferviten und die Fucoiden; von den ersteren sind bis jetzt nur wenige, von den letzteren bereits über 140 verschiedene Formen bekannt, welche grösstentheils den fossilen Geschlechtern *Caulerpites*, *Chondrites*, *Halymenites* und *Sphaerococcites* angehören.

Die Converfiten erscheinen im Allgemeinen als fadenförmige, einfache oder verzweigte, gegliederte oder stetig ausgedehnte Pflanzentheile.

Die Fucoiden, welche im Meere gelebt haben, und daher auch durch ihr Vorkommen stets eine marine Bildung charakterisiren, sind meistentheils durch ein stetiges Laub von ursprünglich häutiger oder lederartiger Beschaffenheit ausgezeichnet, welches bald flach, bald cylindrisch, und meist regellos ramificirt, zuweilen auch blattartig ausgebreitet erscheint.

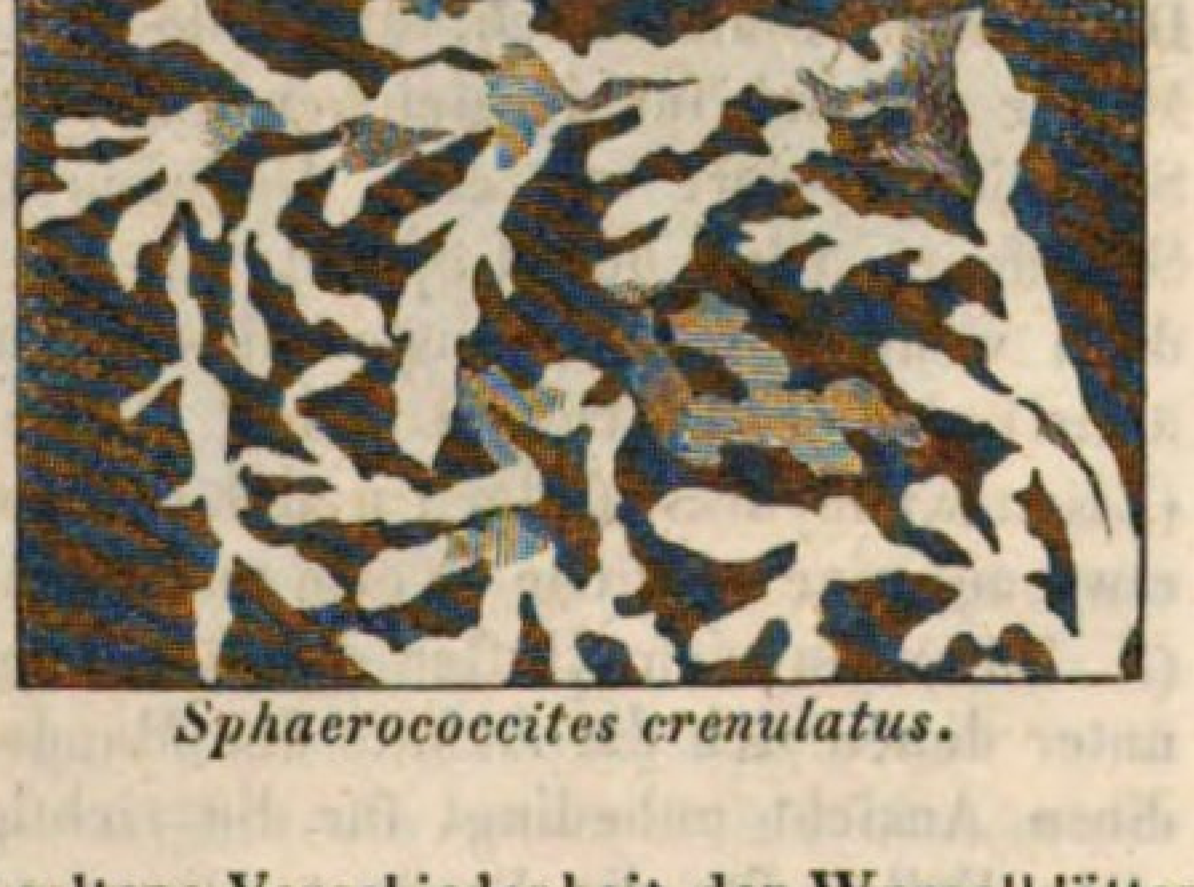
Nr. 1.

A



Chondrites Targionii.

B



Sphaerococcites crenulatus.

*) Man denke nur z. B. an die nicht seltene Verschiedenheit der Wurzelblätter und Stängelblätter, an die verschiedene Form der Blattnarben am unteren und oberen Ende desselben Stammes.

Die vorstehende Figur zeigt beispielsweise ein paar solcher Fucoiden, wie sie im Macigno und im Liasschiefer vorkommen. Die erst genannte Bildung ist deshalb sehr merkwürdig, weil sie, bei grosser Mächtigkeit und Verbreitung, bis jetzt nur äusserst selten thierische Ueberreste, sehr häufig dagegen Fucoiden, und zwar besonders zwei Species, nämlich den abgebildeten *Chondrites Targionii* und den *Ch. intricatus* umschliesst.

Als ebenfalls hierher gehörige Formen sind nach Göppert die im Quadersandsteine so häufigen cylindrischen, dichotom verzweigten Wülste zu betrachten, welche von der Dicke eines Federkiels bis zu der eines Armes vorkommen, mehre Fuss Länge erreichen und von Göppert in das Genus *Cylindrites* vereinigt worden sind.

2. Classe. Characeen. Sie begreift nur das Genus *Chara*, dessen noch jetzt lebende Species im Süsswasser wachsen, und eine gewisse allgemeine Aehnlichkeit mit Conferven haben.

Nr. 2.



Von den fossilen Charen sind besonders die Früchte bekannt, welche in manchen limnischen Kalksteinen und Mergeln sehr häufig vorkommen, aber früher für die Schalen eines unbekannten Mollusken gehalten und unter dem Namen Gyrogoniten aufgeführt worden sind. Sie haben die Grösse eines Senfkorns, sind kugelrund, und aus fünf spiralförmig gewundenen Streifen zusammengesetzt, wie es beistehendes Bild zeigt, in welchem *a* und *b* die 10 mal vergrösserte Seiten- und Grundansicht einer bei *c* in natürlicher Grösse dargestellten Frucht von *Chara medicaginula* giebt.

Die drei Classen der Lichenen, Pilze und Moose sind bis jetzt nur durch so seltene und unbedeutende fossile Reste vertreten, dass wir sie übergehen können. Dagegen dürfte hier der geeignetste Ort sein, um eine Bemerkung über die algen- oder moosähnlichen Einschlüsse in gewissen Chalcedonen, den sogenannten Moosachaten, einzuschalten.

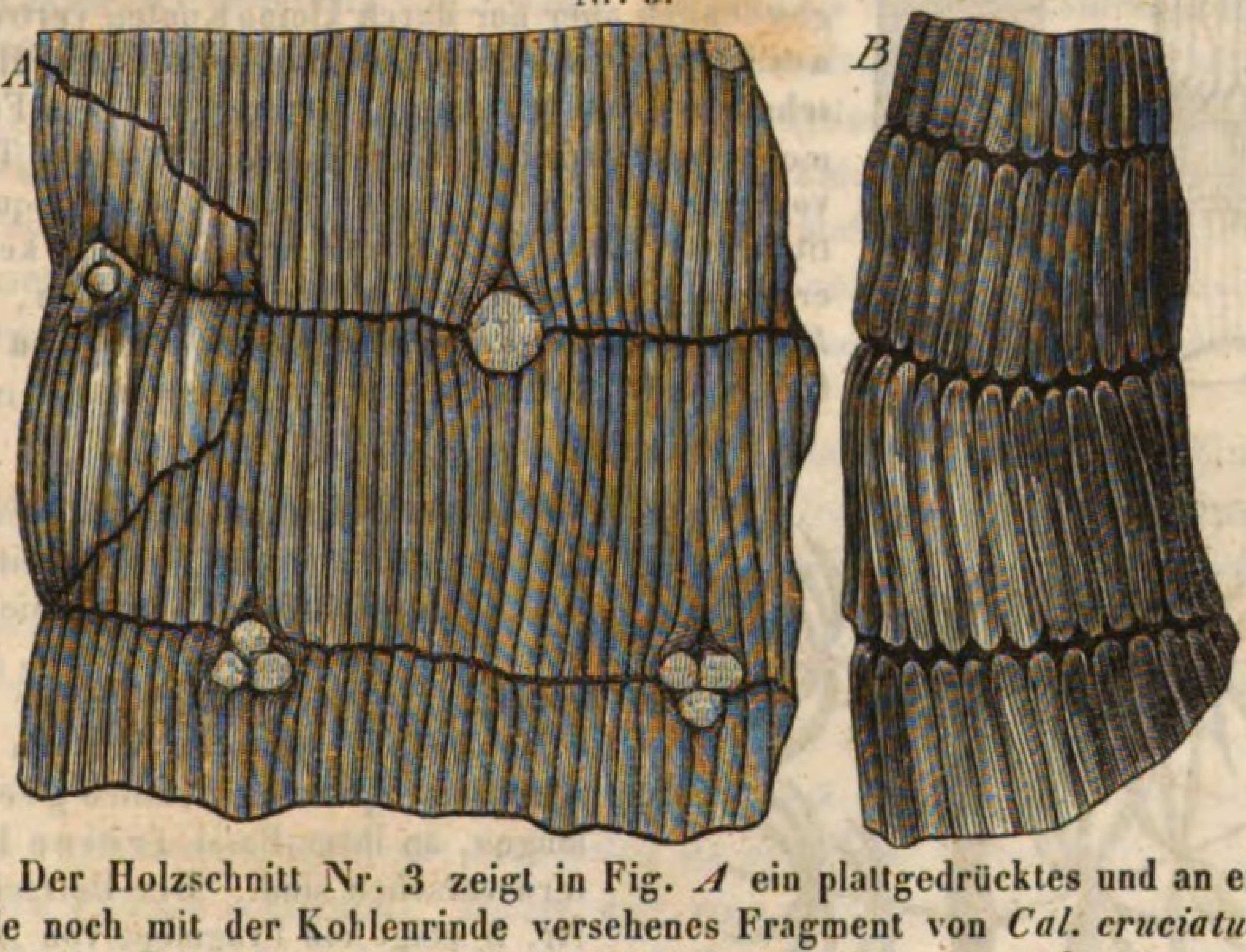
Diese bekannten, äusserst zierlichen Gebilde in den Chalcedonen erinnern allerdings durch ihre Form, oft auch durch ihre grüne Farbe sehr lebhaft an Conferven, Laubmoose und ähnliche Pflanzen, und sind daher von Daubenton, Blumenbach, Macculloch, Razoumovski, Rennenkampf und Carl Müller wirklich für dergleichen Pflanzen, von Bowerbank aber zum Theil für Spongien erklärt worden. Dagegen haben sich Ad. Brongniart, Steininger, Schaffner, Ulex und Göppert für die Ansicht ausgesprochen, dass alle oder doch wenigstens die meisten dieser Einschlüsse nichts Anderes, als pflanzenähnliche Infiltrate oder Concretionen von Mineralstoffen (Eisenoxydhydrat, Chlorit u. dgl.) seien, welche innerhalb der Chalcedonmasse etwa auf eine ähnliche Weise zur Ausbildung gelangten, wie die Dendriten (S. 757), auf den Klüften der Gesteine. Wenn man auf die Umstände achtet, unter denen sich die Achate der Mandelsteine gebildet haben, so möchte man diese Ansicht unbedingt für die richtige, und die fraglichen Gebilde selbst in allen Fällen für die Producte einer *tinctura arborifica* der *natura pictrix* erklären, wie sich schon Scheuchzer über die Dendriten aussprach. Göppert, welcher sich noch neuerdings mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, gelangte

zu dem Resultate, dass er bis jetzt in den Obersteiner Chalcedonen noch nichts Organisches entdeckt habe, lässt es aber dahingestellt, ob es sich nicht vielleicht mit den Schottischen, von Macculloch so genau und umsichtig untersuchten Chalcedonen anders verhalten möge. (Uebersicht der Arbeiten der Schles. Gesellsch. für vaterl. Cultur im J. 1847, Bresl. 1848, S. 147.)

Aeusserst wichtig in geognostischer Hinsicht ist die 6. Classe, deren Formen Unger unter dem Namen der Calamarien vereinigt, und in die drei Ordnungen der Calamiteen, der Equisetaceen und der Asterophylliten vertheilt. Namentlich spielen die Geschlechter *Calamites*, *Asterophyllites* und *Annularia* in der Steinkohlenformation, das Geschlecht *Equisetites* aber in der Keuperformation eine sehr bedeutende Rolle.

Die Calamiten sind cylindrische, oft ziemlich lange und starke, transversal gegliederte und longitudinal geriefte und gefurchte oder gestreifte, meist ganz einfache Stämme, in der Regel ohne Zweige und ohne blattartige Organe, indem nur selten an den Abgliederungsstellen abstehende gezahnte Scheiden vorkommen. Bei den meisten Species alterniren, bei wenigen Species (z. B. bei *Cal. transitionis*) correspondiren die Furchen eines jeden Gliedes mit denen des folgenden; bei vielen aber sind die Riefen an ihren Enden mit kleinen Knoten versehen; einige zeigen hier und da an den Articulationen geschnürte Stellen oder rundliche Eindrücke (Astnarben?).

Nr. 3.



Der Holzschnitt Nr. 3 zeigt in Fig. *A* ein plattgedrücktes und an einer Stelle noch mit der Kohlenrinde versehenes Fragment von *Cal. cruciatus* so wie in Fig. *B* das Fragment eines Steinkernes von *Cal. cannaeformis*.

Diese merkwürdigen Stämme, von welchen man in der Steinkohlenformation Exemplare bis zu 30 und 40 Fuss Länge und 3 Fuss Dicke gefunden hat, kommen meist liegend und plattgedrückt, bisweilen aufrecht und noch cylindrisch gestaltet vor. Man kennt schon an 50 Species, deren Unterscheidung

53 *

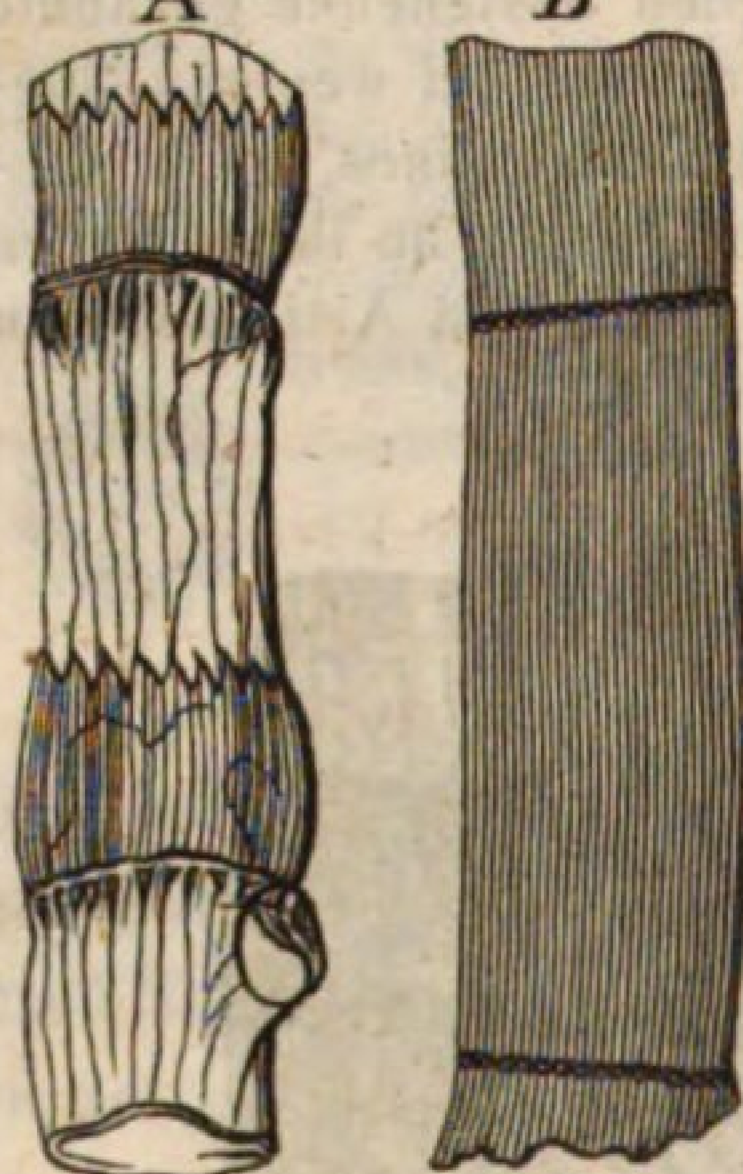
oft schwierig ist; ihre Ueberreste bestehen in der Regel aus einer Kohlenrinde und einem Steinkerne, welcher letztere die Gliederung und Riefung meist deutlicher erkennen lässt, als die erstere.

Petzholdt hat sich mit einer genauen Untersuchung der inneren Structur der Calamiten beschäftigt, zu welcher ihm besonders das Döhlener Steinkohlenbassin bei Dresden das Material lieferte. Das Ergebniss dieser Untersuchung bestätigt die Ansicht, dass die Calamiten zu den Equisetaceen gehören. (Ueber Calamiten und Steinkohlenbildung, 1841.) Binney fand aufrechte Calamiten mit noch ansitzenden Wurzeln, welche letztere den Stigmarien (§. 227) ähnlich sind; er ist daher nicht abgeneigt, gewisse Calamiten für junge Sigillarien zu halten.

Calamitea hat Cotta gewisse, im Rothliegenden vorkommende versteinerte Stämme genannt, welche eine ähnliche Streifung der Oberfläche zeigen, wie die Calamiten.

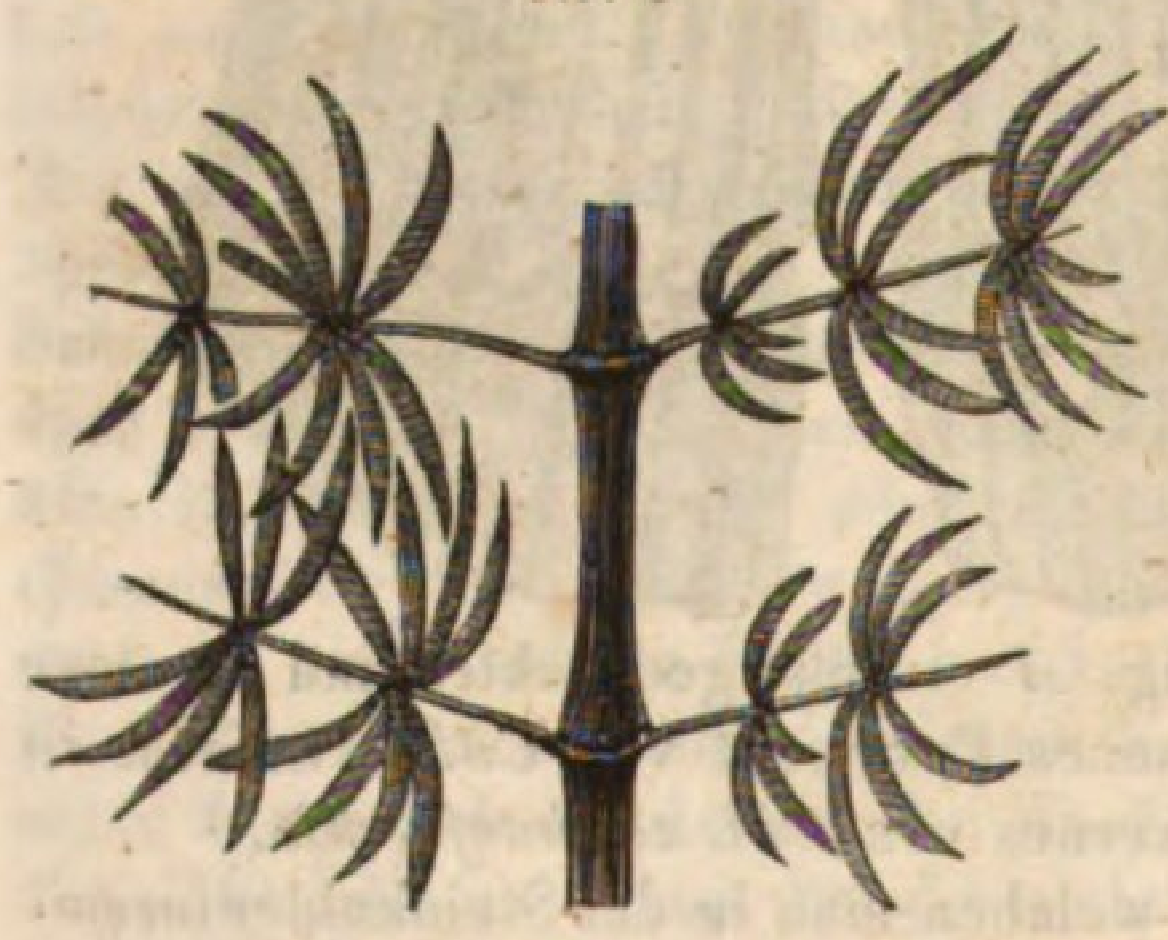
Nr. 4.

A B



Die Equisetiten sind den Calamiten sehr nahe verwandte und mit den Equiseten der Jetztwelt fast ganz übereinstimmende Formen. Ihre gegliederten, gestreiften Stämme sind jedoch an den Abgliederungen mit aufrechten, dicht anschliessenden, gezahnten Scheiden versehen, welche den Calamiten fehlen, bei denen sie schirmartig abstehen, wenn sie vorhanden sind, gewöhnlich aber nur durch kleine Knoten vertreten werden; ein Unterschied, welchen beistehender Holzschnitt anschaulich macht, der in Fig. *A* ein Fragment von *Equisetites Lyelli*, in Fig. *B* einen Theil von *Calamites tuberculosus* darstellt. Diese Equisetiten, von denen man bereits an 24 Species kennt, erreichen bisweilen bedeutende Dimensionen, und *Eq. columnaris* kommt in Exemplaren von der Grösse eines mässigen Baumstammes vor.

Nr. 5



Die Asterophylliten sind ein in der Steinkohlenformation sehr häufig vorkommendes und bereits in 24 Species bekanntes Genus. Sie haben einen gegliederten Stamm, dessen gegenüberstehende Zweige mit aufwärts gerichteten Wirteln von schmalen, spitzen, ziemlich gleich langen, an ihrer Basis freien Blättern versehen sind. Der Holzschnitt Nr. 5 zeigt ein Fragment von *Asterophyllites foliosus;* andere Species haben dickere Zweige und weit blattreichere Wirtel. Sehr nahe verwandt mit diesem Geschlechte ist das, ebenfalls in der Steinkohlenformation vorkommende Geschlecht *Volkmannia*, dessen Blattwirtel jedoch so dicht stehen, dass sie sich gegenseitig decken.

Nr. 6.



Annularia ist ebenfalls ein für die Steinkohlenformation charakteristisches Genus, von dem man schon 11 Species kennt, welche alle leicht daran zu erkennen sind, dass die linearen, stumpfen, einnervigen Blätter jedes Blattwirtels von auffallend ungleicher Länge, sternförmig in einer Ebene ausgebreitet, und an ihrer Basis mit einander verwachsen sind, weshalb sie den Stängel wie mit einem Ringe umfassen. Die beistehende Figur Nr. 6 zeigt den Abdruck zweier Wirtel von *Annularia fertilis;* eine andere sehr häufige Species ist *A. longifolia.* Nahe verwandt mit *Annularia* ist das Geschlecht *Phyllotheca*, eine in der Steinkohlenformation Australiens häufig vorkommende Form.

§. 226. *Farnkräuter und Farnstämme.*

Unter allen Familien der fossilen Flora ist keine so zahlreich vertreten und so häufig verbreitet, als die Familie der Farnkräuter, die 7. Classe der Synopsis von Unger. Besonders die Steinkohlenformation ist als die eigentliche Hauptniederlage der fossilen Farnkräuter zu betrachten, so dass während ihrer Periode die klimatischen und geographischen Verhältnisse der Erdoberfläche einer Entwickelung dieser Pflanzen ganz vorzüglich günstig gewesen sein müssen. Dafür spricht nicht nur die ausserordentliche Menge, sondern auch die Grösse und der Habitus ihrer Formen, welche für viele derselben einen baumartigen Wuchs anzunehmen berechtigen.

Man kennt von den vorweltlichen Farnen besonders das Laub, dessen Wedel im Schieferthone, Sphärosiderite und feineren Sandsteine, obwohl meistentheils verkohlt, so doch ihrer Form nach vortrefflich erhalten vorkommen; weit seltner finden sich Stämme und Wurzelstöcke vor. Weil aber das Laub immer von den Stämmen abgestreift ist, weil man noch niemals einen Stamm mit noch ansitzenden Wedeln gefunden hat, so lassen sich auch beide, selbst da, wo sie nahe beisammen vorkommen, nicht mit Sicherheit als correlate Theile einer und derselben Pflanze erkennen. Daher war man genöthigt, das Laub und die Stämme für sich zu betrachten, und ihre Formen unabhängig von einander als selbständige Species zu bestimmen. Weil ferner die Fructificationen, welche das wichtigste Argument für die Bestimmung und Eintheilung der jetzt lebenden Farnkrautgeschlechter liefern, an den fossilen Farnkräutern nur selten, und auch dann nur in einem solchen Zustande

erhalten sind, dass man lediglich die Form und die Stellung der Fruchthäufchen bestimmen kann, so sah man sich gezwungen, nicht nur die Charakteristik und Diagnose der fossilen Farnkräuter auf andere Merkmale zu gründen, sondern auch auf eine Einordnung derselben in die Geschlechter und Familien der lebenden Farnkräuter zu verzichten.

Es sind nun besonders die Form des Laubes und die Blattnervenbildung (der Verlauf der Gefässbündel), welche von Adolph Brongniart als die beiden wichtigsten Merkmale bei der Bestimmung der fossilen Farnkräuter benutzt wurden*). Was nun die allgemeine Form des Laubes betrifft, so ist dieselbe gewöhnlich vielfach eingeschnitten oder zerschlitzt (*frons pinnata vel pinnatifida*), also einmal-, zweimal- bis dreimal-gefiedert oder halbgefiedert, indem nur wenige Farnkräuter mit einfachem Laube bekannt sind; ausserdem ist noch die besondere Form und Gruppirung der Fiedern (*pinnae*) und der Fiederchen (*pinnulae*), als der letzten Abschnitte in der Gliederung des Laubes, ausserordentlich verschieden. Die Blattnerven aber werden besonders nach ihrer Form, Richtung und Vertheilung innerhalb der einzelnen Fiederchen berücksichtigt. Die grösseren und dickeren Blattnerven, an welchen die Fiedern und Fiederchen des Laubes angeheftet sind, werden unter dem Namen Rachis aufgeführt, da sie gleichsam die Axe oder den Grat des Wedels und seiner Abtheilungen bilden.

Auf eine nähere Betrachtung der morphologischen Verhältnisse der fossilen Farne, von welchen bereits 524 Species in 51 Geschlechtern bekannt

*) Diese Charaktere, auf welche Brongniart schon in seinem *Prodrome d'une histoire des Végétaux fossiles*, 1828, seine Genera der fossilen Farnkräuter gründete, sind auch von Lindley und Hutton in ihrer *Fossil Flora of Great Britain*, *vol. I*, 1831, *p.* 111 vollkommen anerkannt worden, indem sie es für eine vergebliche Mühe erklären, die fossilen Farne nach denselben Principien behandeln zu wollen, wie die jetzt lebenden, und es sogar für wahrscheinlich halten, dass sich auch für diese Brongniart's Methode früher oder später geltend machen werde. Diess ist auch wirklich von Presl, in seinem *Tentamen Pteridographiae* 1836, versucht worden, in welchem 2000 Species nach dem Principe der Blattnervenbildung geordnet sind. Selbst Göppert, welcher anfangs in seinem vortrefflichen Werke: Die fossilen Farnkräuter, 1836, die Fructification derselben berücksichtigen und eine Analogie in der Behandlung der fossilen und der lebenden Farnkräuter durchführen zu können glaubte, spricht sich in seinem späteren Werke: Die Gattungen der fossilen Pflanzen, Lief. 3, S. 49 folgendermaassen aus: »Wenn überhaupt das System von der Art sein soll, auch dem Laien, der nicht eine umfängliche Kenntniss der jetztweltlichen Flora mitbringt, die Auffindung und Bestimmung der fossilen Arten möglich zu machen, so lässt sich nur eine künstliche Eintheilung rechtfertigen, die von der Basis ausgeht, welche wir den Gründern der Wissenschaft verdanken.«

sind, können wir hier nicht eingehen, sondern müssen uns damit begnügen, die wichtigsten Geschlechter aufzuführen, und einige derselben durch Bilder zu erläutern.

a) Danaeaceen.

Taeniopteris Brong. Meist einfaches, ganzrandiges, bandartig langgestrecktes Laub mit einem sehr starken Mittelnerv, von welchem einfache, an der Basis gegabelte Seitennerven fast rechtwinkelig auslaufen; 14 Species, meist in der Lias- und Juraformation.

Anomopteris Brong. Zweimal gefiederte, bis über 3 F. lange Wedel mit sehr starker, rinnenförmiger Rachis, und mit linearen Fiedern, welche in kurze, bogenförmig endende, sich seitlich berührende oder deckende Fiederchen getheilt sind; eine Species im bunten Sandsteine der Vogesen, zwei andere nach Eichwald in der Permischen Formation Russlands.

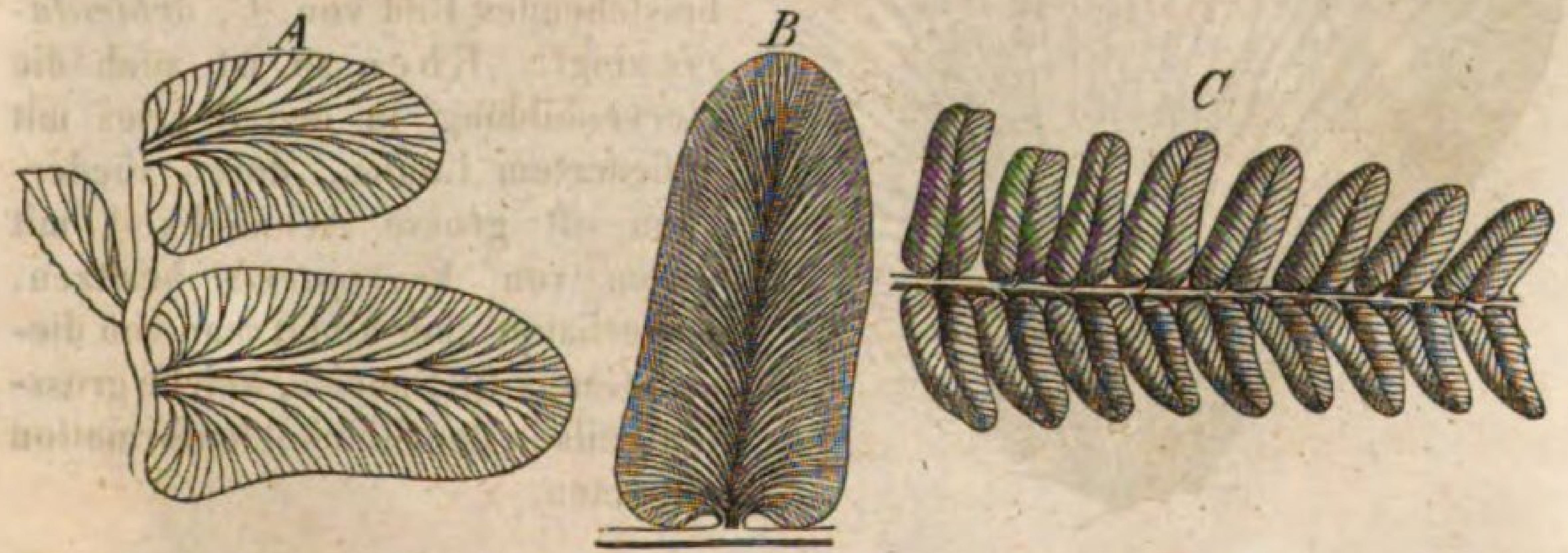
b) Gleicheniaceen.

Asterocarpus Göpp. Zwei- bis dreimal gefiedertes Laub, sehr ausgezeichnet durch die sternförmige Gestalt seiner Fruchthäufchen; 6 Species in der Steinkohlenformation.

c) Neuropteriden.

Neuropteris Brong. Ein- oder zweimal gefiedertes Laub, dessen Fiederchen an ihrer Basis herzförmig ausgerandet und frei, selten angeheftet oder an der Rachis herablaufend sind; der anfangs deutliche Mittelnerv verschwindet zuletzt und wird von vielen feinen, unter sehr spitzen Winkeln auslaufenden, gekrümmten, dichotomen Seitennerven begleitet.

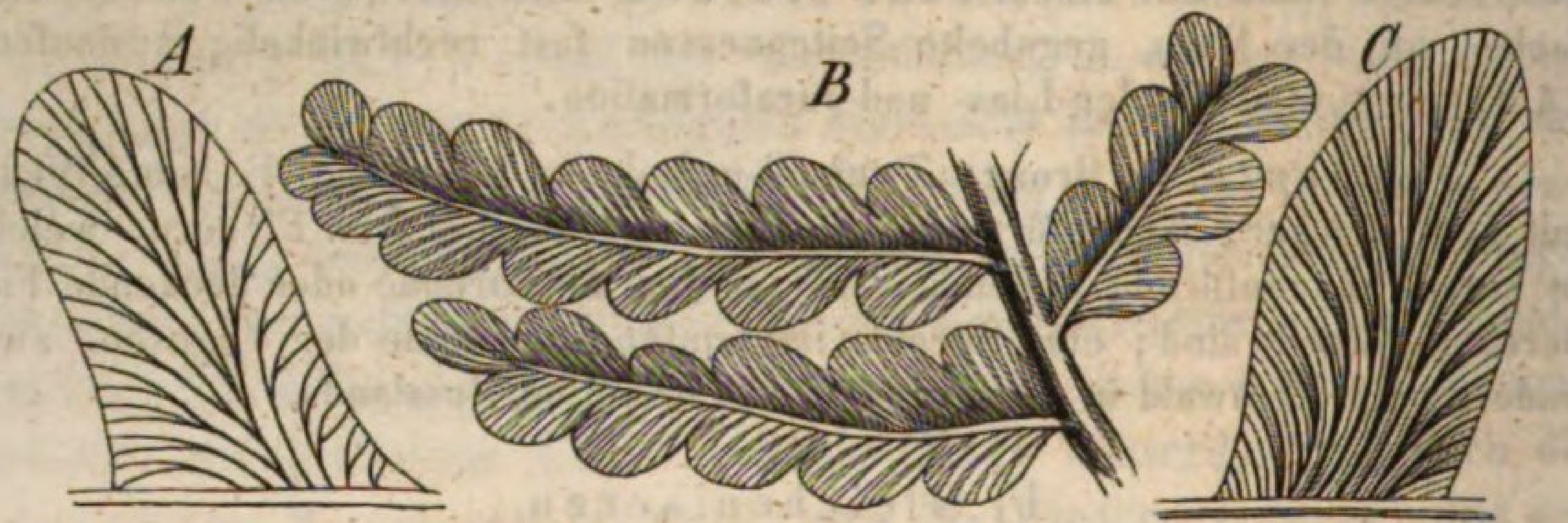
Nr. 7.



Dieses sehr wichtige Geschlecht ist bereits in 64 Species bekannt, von welchen die grosse Mehrzahl in der Steinkohlenformation vorkommt. Die sehr charakteristische Form der Fiederchen und der Blattnervenbildung ergiebt sich besonders aus den Figuren *A* und *B* des Holzschnittes Nr. 7, welche sich auf *N. flexuosa* beziehen, während Fig. *C* das Fragment eines Fieders von *N. tenuifolia* darstellt. Fig. *A* zeigt zugleich die sehr nahe Verwandtschaft zwischen gewissen Formen von *Neuropteris* und *Cyclopteris*.

Odontopteris Brong. Zweimal gefiedertes Laub, dessen zarte und meist vorwärts gekrümmte Fiederchen mit ihrer ganzen Basis der Rachis angeheftet sind, aber keinen deutlichen Mittelnerv, sondern nur viele gleichstarke und sehr zarte, von der Rachis auslaufende, etwas gekrümmte, einfache oder gegabelte Nerven zeigen.

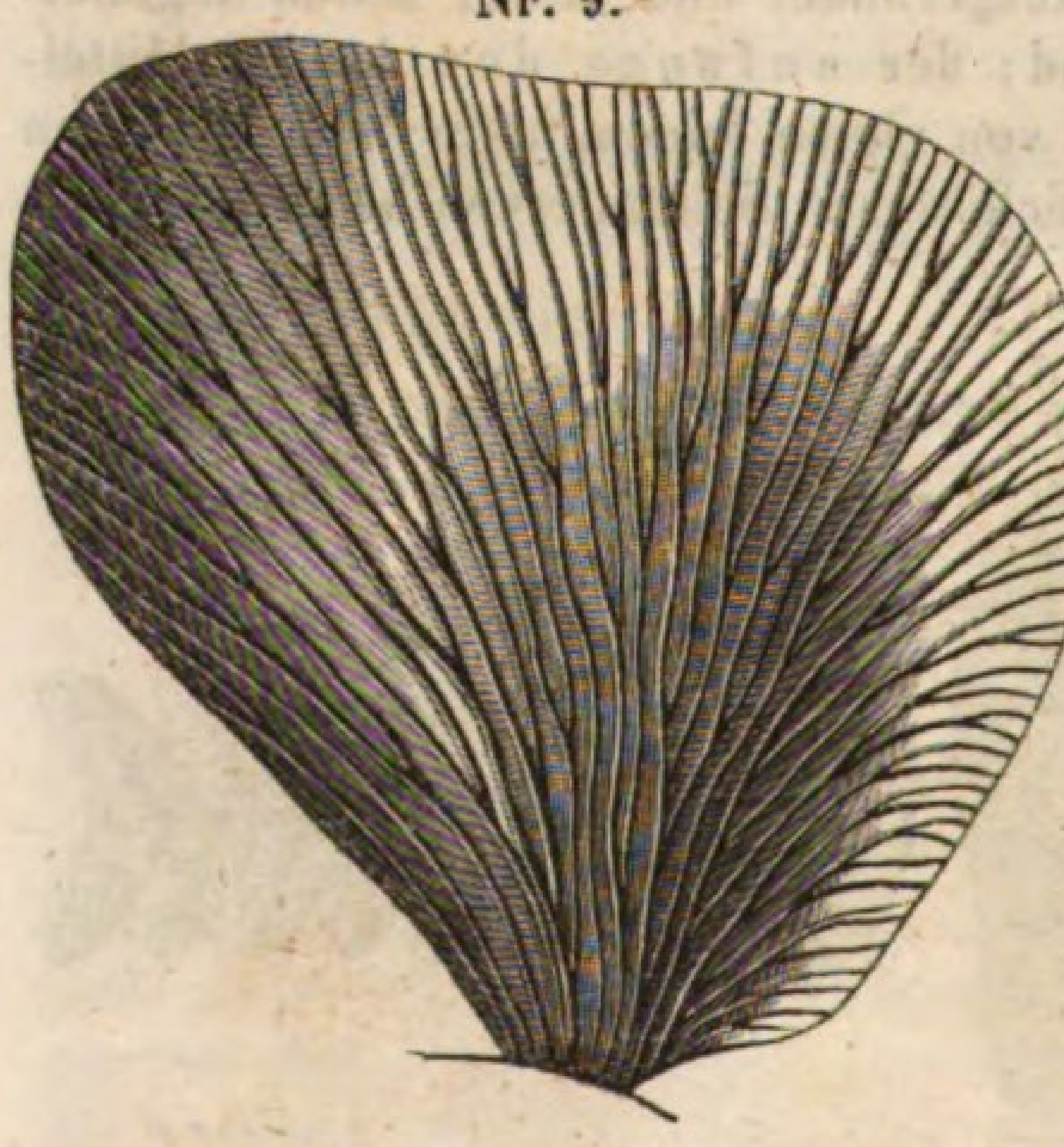
Nr. 8.



Die Charaktere dieses Geschlechtes sind aus dem Holzschnitte Nr. 8 zu ersehen, in welchem Fig. *A* und *C* zwei etwas vergrösserte Fiederchen von *O. britannica* und *O. Reichiana*, Fig. *B* aber das Fragment eines Wedels von *O. Schlotheimii* darstellt. Man kennt 18 Species, alle aus der Steinkohlenformation.

Cyclopteris Brong. Einfaches oder gefiedertes Laub; das einfache Laub ist rund oder nierförmig, meist ganzrandig und mit zahlreichen, von der Basis allseitig ausstrahlenden dichotomen Nerven versehen, unter denen sich keiner als Mittelnerv auszeichnet; wie es beistehendes Bild von *C. orbicularis* zeigt. Eben so ist auch die Nervenbildung in den Species mit gefiedertem Laube, deren Fiederchen oft grosse Aehnlichkeit mit denen von *Neuropteris* besitzen. Ueberhaupt aber kennt man von diesem Genus 38 Species, welche grösstentheils in der Steinkohlenformation auftreten.

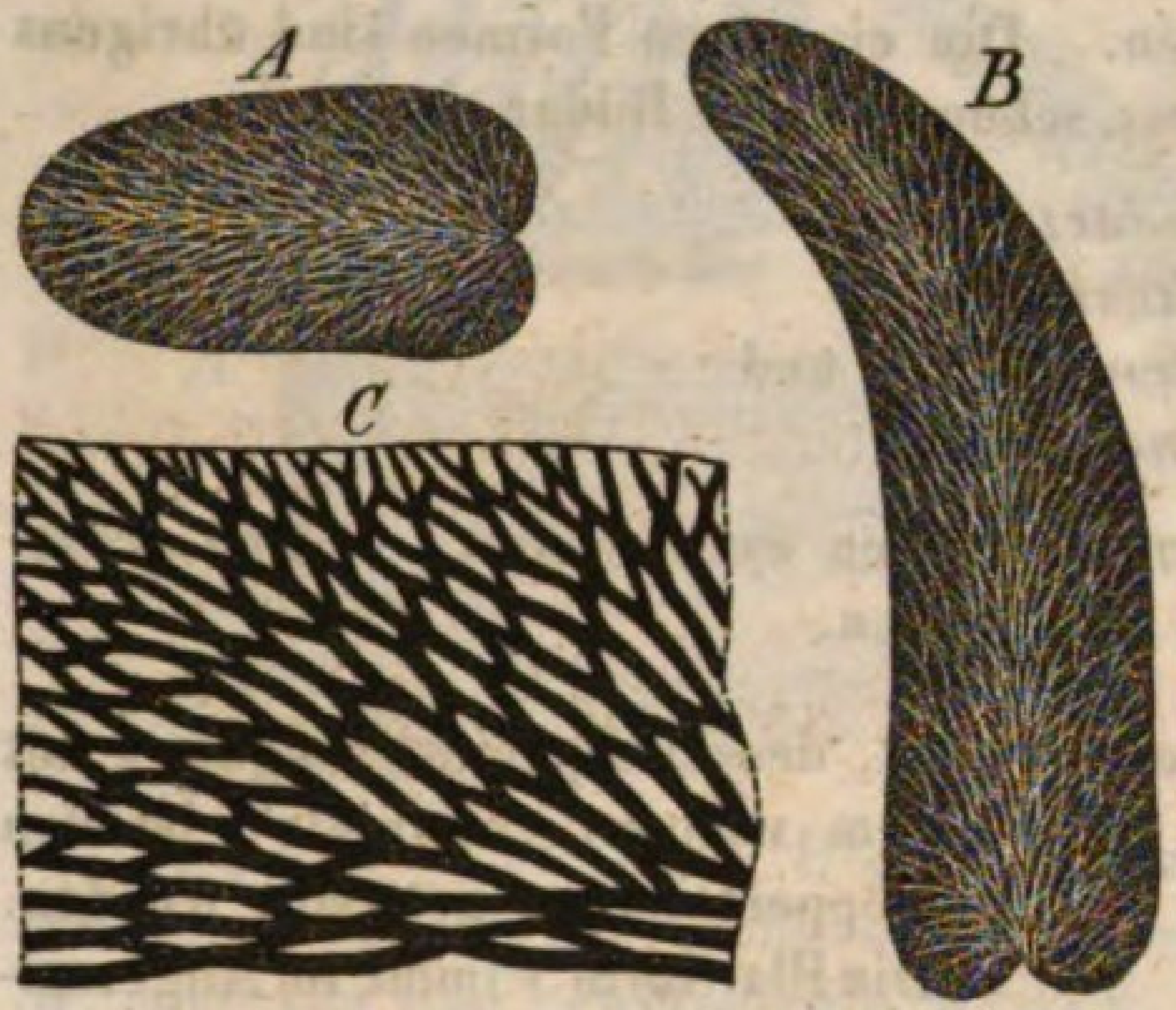
Nr. 9.



Noeggerathia Sternb. Unregelmässig gefiedertes oder geschlitztes Laub mit ovalen oder bandartig langgestreckten Fiedern, und leichstarken nur wenig divergirenden Blattnerven; 10 Species, meist in der Steinkohlenformation. Die Stellung dieser, in manchen Steinkohlenrevieren sehr häufigen, und zur Bildung ganzer Kohlenflötze beitragenden Pflanzen ist noch etwas zweifelhaft. Brongniart stellt sie neuerdings zu den Cycadeen, Goldenberg aber, welcher ihre Früchte und ihren Blüthenstand gefunden, glaubt, dass sie die Lücke zwischen den Cycadeen und Coniferen ausfüllen.

Dictyopteris Gutb. Ein- oder zweimal gefiedertes Laub, die Fiederchen an der Basis herzförmig ausgerandet, überhaupt in ihrer Form ganz ähnlich denen von *Neuropteris;* allein die Nervenbildung ist ganz abweichend, indem die von dem undeutlichen Mittelnerv auslaufenden Seitennerven dergestalt anastomosiren, dass sie ein Netz mit langgezogenen Maschen bilden. Man kennt nur eine Species aus der Steinkohlenformation von Zwickau in Sachsen, nämlich *D. Brongniarti*, von welcher der Holzschnitt Nr. 10 in Fig. *A* und *B* die Form der Fiederchen, in Fig. *C* die Blattnervenbildung an dem viermal vergrösserten Theile eines Fiederchens zeigt. Göppert nennt diese von Gutbier entdeckte und bestimmte Form ein „treffliches Genus."

Nr. 10.



d) Sphenopteriden.

Sphenopteris Brong. Zwei- oder dreimal gefiedertes Laub, dessen Fiederchen abermals gelappt oder halbgefiedert sind, wobei die Loben von unten nach oben immer kleiner werden, insgesammt aber von ihrer Basis aus eine mehr oder weniger auffallende keilförmige Ausbreitung zeigen, welcher eine ähnliche keilförmige Divergenz der seitlichen Blattnerven entspricht.

Nr. 11.



Diese Charaktere sind besonders aus den Figuren *A'* und *B'* des Holzschnittes Nr. 11 ersichtlich, welche zwei vergrösserte Fiederchen von *S. tridactylites* und *S. obtusiloba* darstellen. Die einzelnen Formen sind übrigens ausserordentlich verschieden, wie diess schon die vier Bilder

A) von *Sphenopteris tridactylites*,
B) *obtusiloba*,
C) *microphylla*, und
D) *lanceolata*

zeigen, so dass bereits 96 Species unterschieden worden sind, welche grösstentheils in der Steinkohlenformation vorkommen.

Hymenophyllites Göpp. Dieses Genus, dessen Species Brongniart mit dem vorigen vereinigte, ist von Göppert davon getrennt worden. Die Blattform stimmt im Allgemeinen mit jener gewisser Species von Sphenopteris überein; doch ist das Laub sehr zart, an der Rachis herablaufend und noch dadurch ausgezeichnet, dass in jedem Lobus nur ein einzelner Blattnerv ausläuft, wie solches der Holzschnitt Nr. 12 zeigt, welcher in Fig. *A* das Fragment eines Wedels und in Fig. *A'* das vergrösserte Bild eines Fiederchens darstellt. Man kennt 17 Species, grossentheils aus der Steinkohlenformation.

Nr. 12.



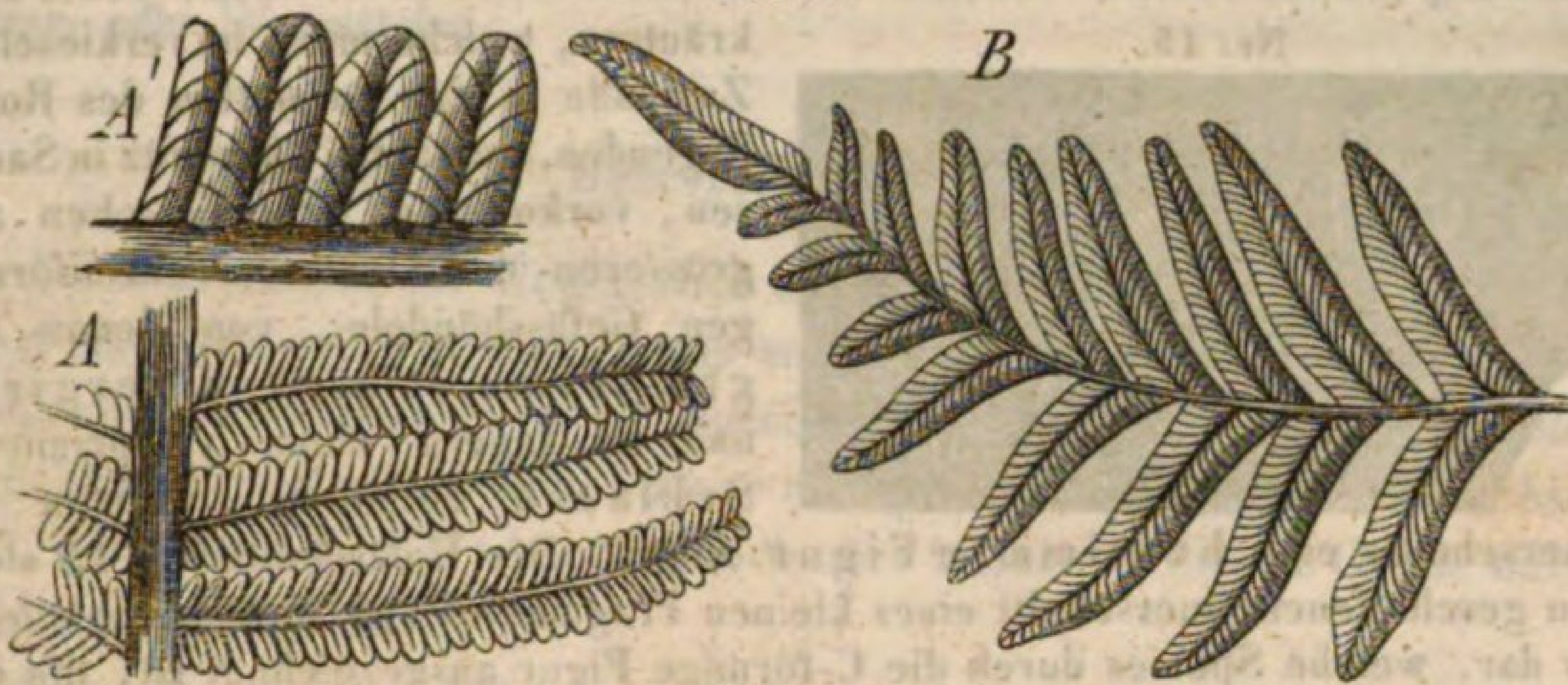
Noch ist das Geschlecht *Trichomanites* Göpp. zu erwähnen, dessen sehr zartes zwei- oder dreimal gefiedertes Laub sich durch die dichotome Theilung der Fiederchen in fadenförmige oder lineare Loben auszeichnet; 11 Species, in der Steinkohlenformation.

e) Pecopteriden.

Diese sehr zahlreiche Familie begreift ziemlich viele Geschlechter, welche insgesammt zwei- bis dreimal gefiedertes oder halbgefiedertes Laub besitzen, dessen Fiederchen mit der ganzen Basis an der Rachis ansitzen, oft sogar an der Basis mit einander verwachsen sind, und einen bis an das Ende sehr deutlichen Mittelnerv haben. Von diesen Geschlechtern erlangen besonders folgende drei durch die grosse Anzahl der Species eine vorwaltende Wichtigkeit.

Alethopteris Sternb. Die Fiederchen haben meist einen auffallend rückwärts gebogenen Rand, und einfache oder gegabelte Seitennerven, welche unter rechten oder doch sehr grossen Winkeln vom Mittelnerv auslaufen. Man kennt 42 Species, meist in der Steinkohlenformation. Fig. *B* im Holzschnitte Nr. 13 stellt den Theil eines Wedels von *A. lonchitidis* vor.

Nr. 13.

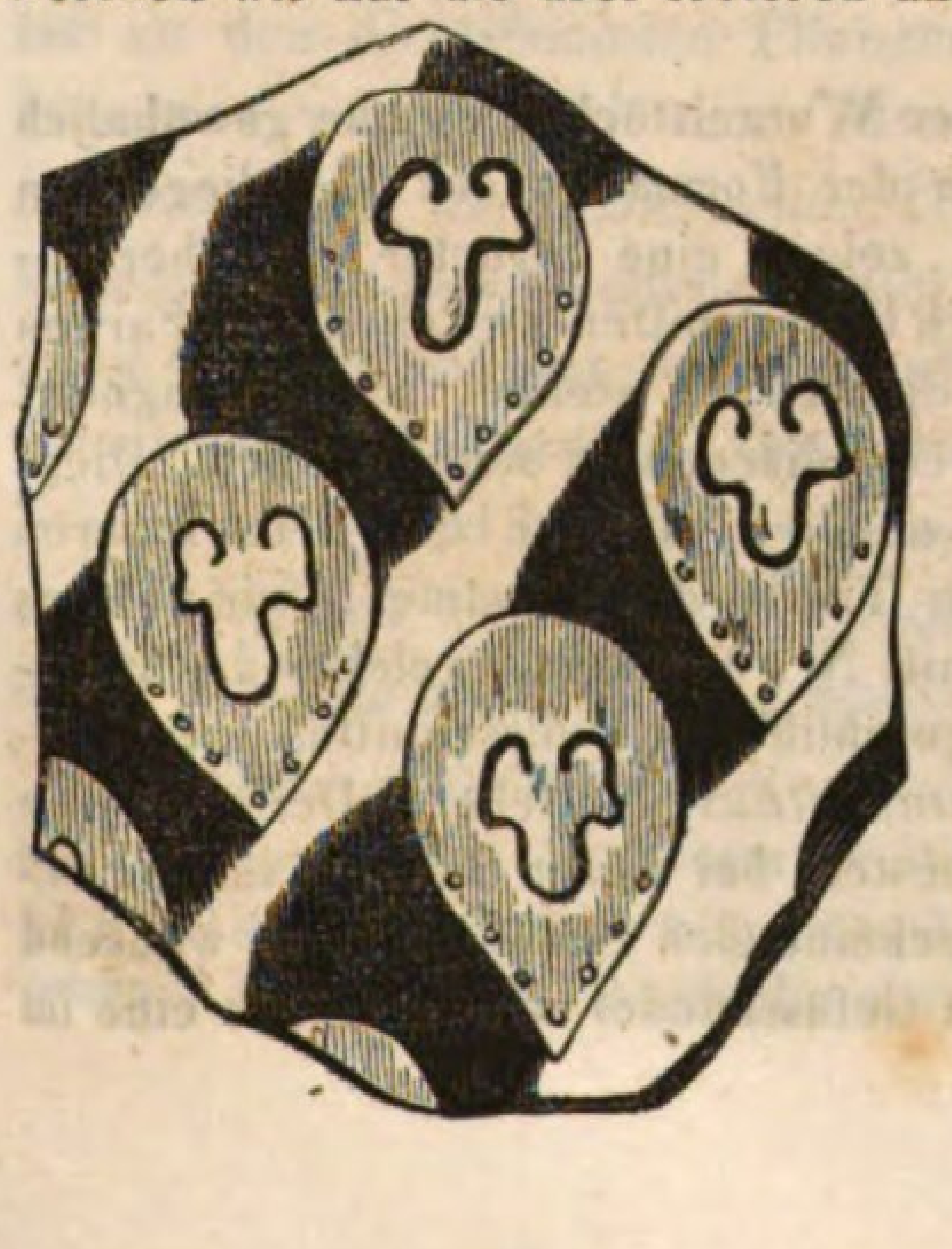


Cyatheites Göpp. Die Fiederchen haben keinen rückwärts gebogenen Rand, und die gleichfalls vom Mittelnerv unter grossen Winkeln auslaufenden Seitennerven sind gewöhnlich einfach, wie es in vorstehendem Holzschnitte Fig. *A'* zeigt, welche einen vergrösserten Theil des in Fig. *A* abgebildeten Wedelfragmentes von *C. arborescens* darstellt; man kennt 26 Species.

Pecopteris. Die Fiederchen sind meist an der Basis sehr ausgebreitet, selbst herablaufend, die Seitennerven vom Mittelnerv unter spitzen Winkeln abgehend, dichotom und mehr oder weniger gebogen; 60 Species, meist in der Steinkohlenformation.

Andere, durch mehre Species vertretene Geschlechter aus der Familie der Pecopteriden sind: *Asplenites*, *Acrostichites*, *Hemitelites*, *Polypodites* und *Glossopteris*, so wie *Clathropteris meniscoides* eine sehr interessante Form aus der Liasformation. *Aphlebia* endlich ist ein zweifelhaftes Geschlecht, dessen Laub gar keine Nerven hat.

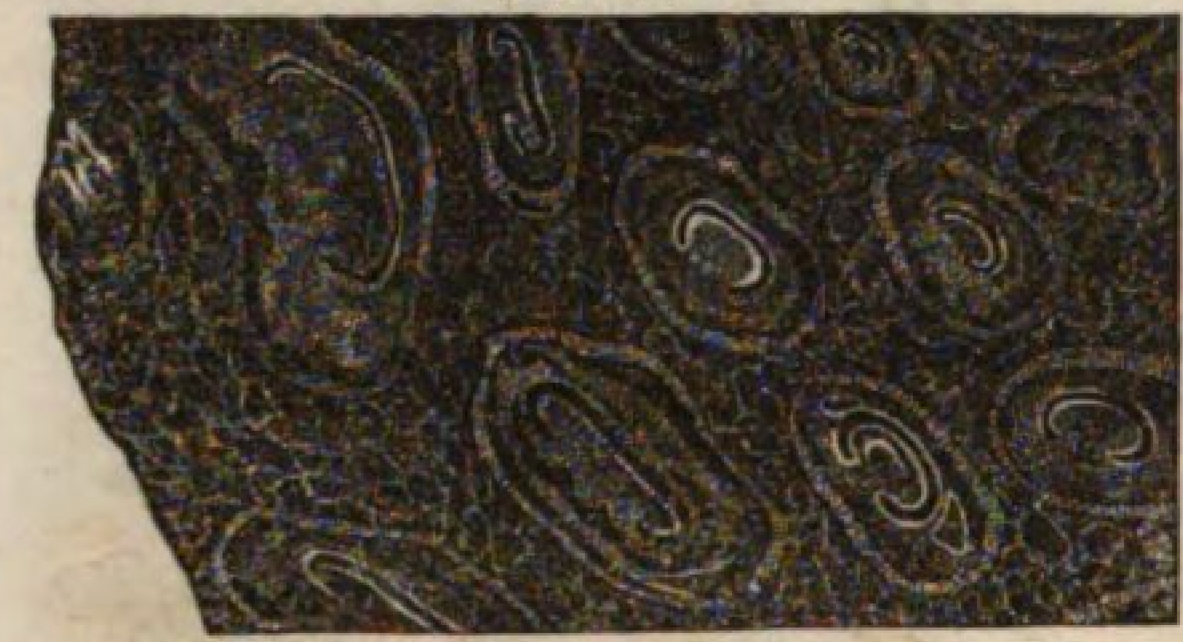
Die Farnstämme und Wurzelstämme mussten, wie bereits erwähnt, als besondere Geschlechter unter besonderen Namen aufgeführt werden, weil man nicht weiss, zu welchem der bekannten fossilen Farnkräuter sie gehören. Man hat diese Formen unter die Geschlechter *Protopteris*, *Tubicaulis*, *Caulopteris*, *Karstenia*, *Cottaea*, *Porosus* und *Psaronius* vertheilt, von welchen wir nur die drei ersteren und das letzte etwas näher betrachten wollen.



Protopteris Sternb. Cylindrische Stämme, auf der Oberfläche mit grossen, im Quincunx gestellten Narben besetzt, welche den Insertionsstellen von Laubwedeln entsprechen. Diese grossen, quincuncial gestellten Narben (welche überhaupt alle Farnstämme charakterisiren), sind bei diesem Geschlechte oval oder rund, und in ihrer Mitte wiederum durch eine zangenförmige dreilappige Narbe ausgezeichnet, welche nach oben geöffnet ist. Der Holzschnitt Nr. 14 zeigt ein Fragment der Oberfläche eines solchen Stammes von *Protopteris punctata* aus der Steinkohlenformation von Kaunitz in Böhmen.

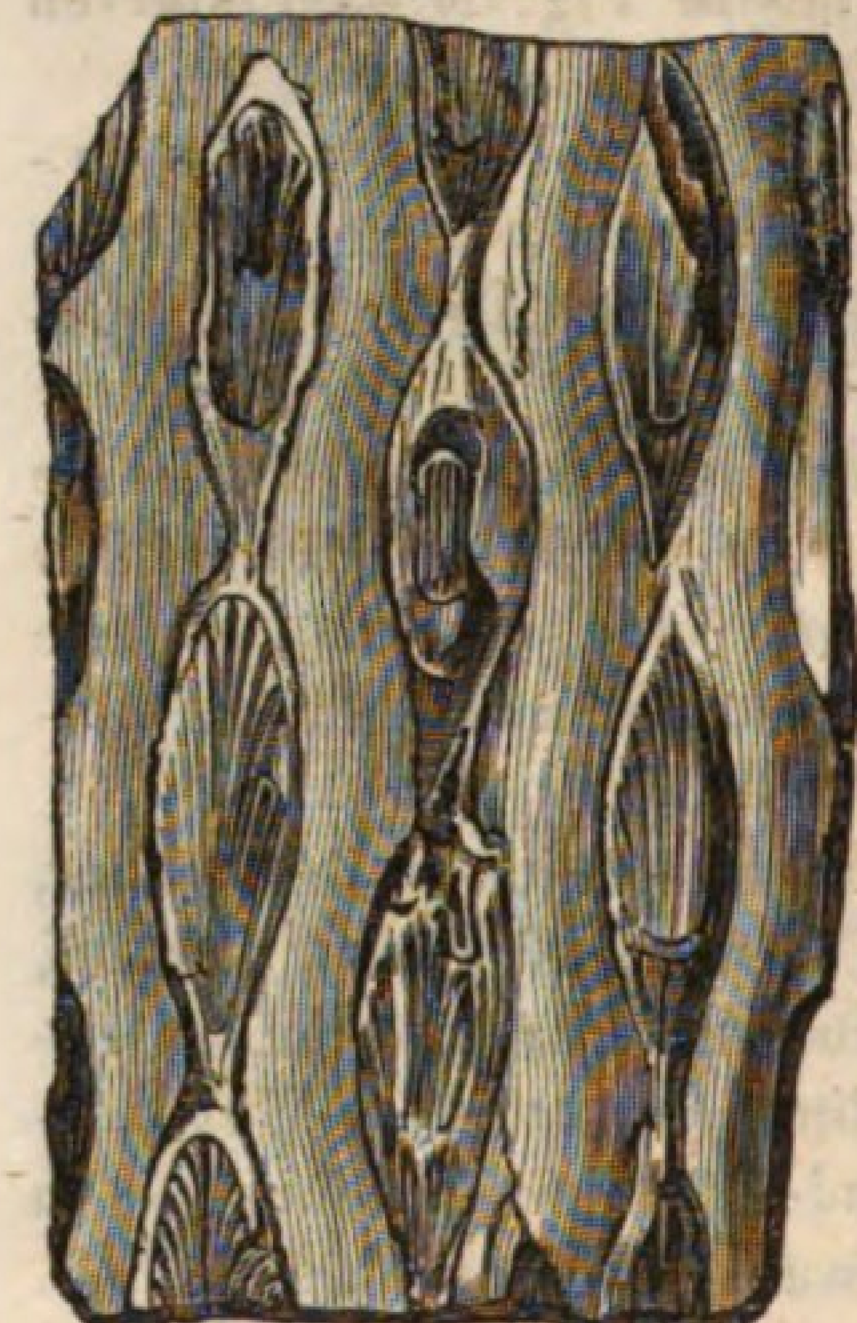
Tubicaulis Cotta. Grosse Wurzelstöcke oder Mittelstöcke von Farnkräutern, welche meist im verkieselten Zustande in der Formation des Rothliegenden, zumal bei Chemnitz in Sachsen, vorkommen. Sie bestehen aus grösseren und kleineren röhrenförmigen Gefässbündeln, von denen die grösseren aufwärts divergiren und im Innern einen comprimirten Schlauch enthalten, welcher im Querschnitte eine bestimmte Figur zeigt. Der Holzschnitt Nr. 15 stellt den geschliffenen Querschnitt eines kleinen Fragmentes von *Tubicaulis solenites* dar, welche Species durch die C-förmige Figur ausgezeichnet ist, die der Schlauch im Querschnitte hat.

Nr. 15.



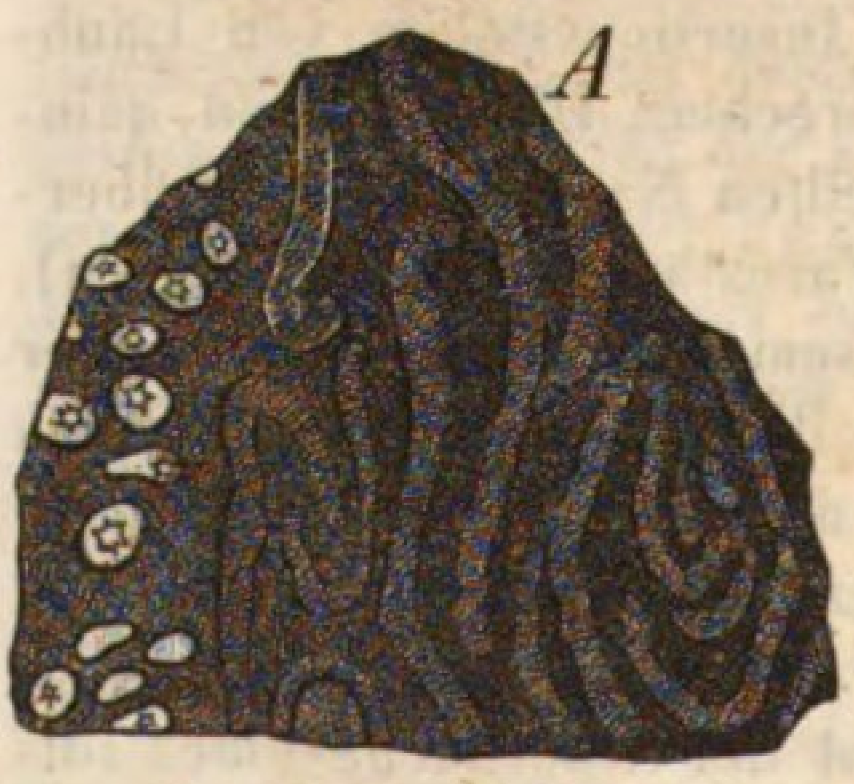
Caulopteris Lindl. Einfacher cylindrischer Stamm, dessen Oberfläche mit grossen, ovalen oder langgestreckten im Quincunx gestellten Narben (den Insertionsstellen früher vorhandener Laubwedel) bedeckt ist. Diese sehr bestimmt als die Stämme von baumartigen Farnen charakterisirten Formen sind bereits in 12 Species bekannt, von denen 8 in der Steinkohlenformation und die übrigen im Buntsandsteine vorkommen. Der beistehende Holzschnitt Nr. 16 zeigt das viermal verkleinerte Bild eines Theiles von *Caulopteris macrodiscus*, welchem die von Gutbier, im Steinkohlengebirge bei Zwickau gefundene und als *C. Freieslebeni* bestimmte Species sehr nahe kommt. Natürlich finden sich diese, wie alle ursprünglich cylindrischen Stämme, gewöhnlich plattgedrückt.

Nr. 16.



Psaronius Cotta. Diese Stämme oder Wurzelstöcke, welche gewöhnlich verkieselt in der Formation des Rothliegenden vorkommen, zeigen eine Structur, welcher zufolge sie nach Unger mitten zwischen den Farnen und Lycopodiaceen zu stehen, nach Brongniart wirkliche Lycopodiaceen zu sein scheinen. Diese Structur ist nämlich verschieden im inneren und äusseren Theile des Stammes, wie solches der Holzschnitt Nr. 17 zeigt, welcher das Fragment eines geschliffenen Querschnittes von *Psaronius helmintolithus* darstellt. Der innere Stammtheil besteht bei dieser Species aus breiten, im Querschnitte wurmähnlich erscheinenden Gefässbündeln, während der äussere Theil mehr cylindrische Gefässbündel zeigt, welche eine im

Nr. 17.



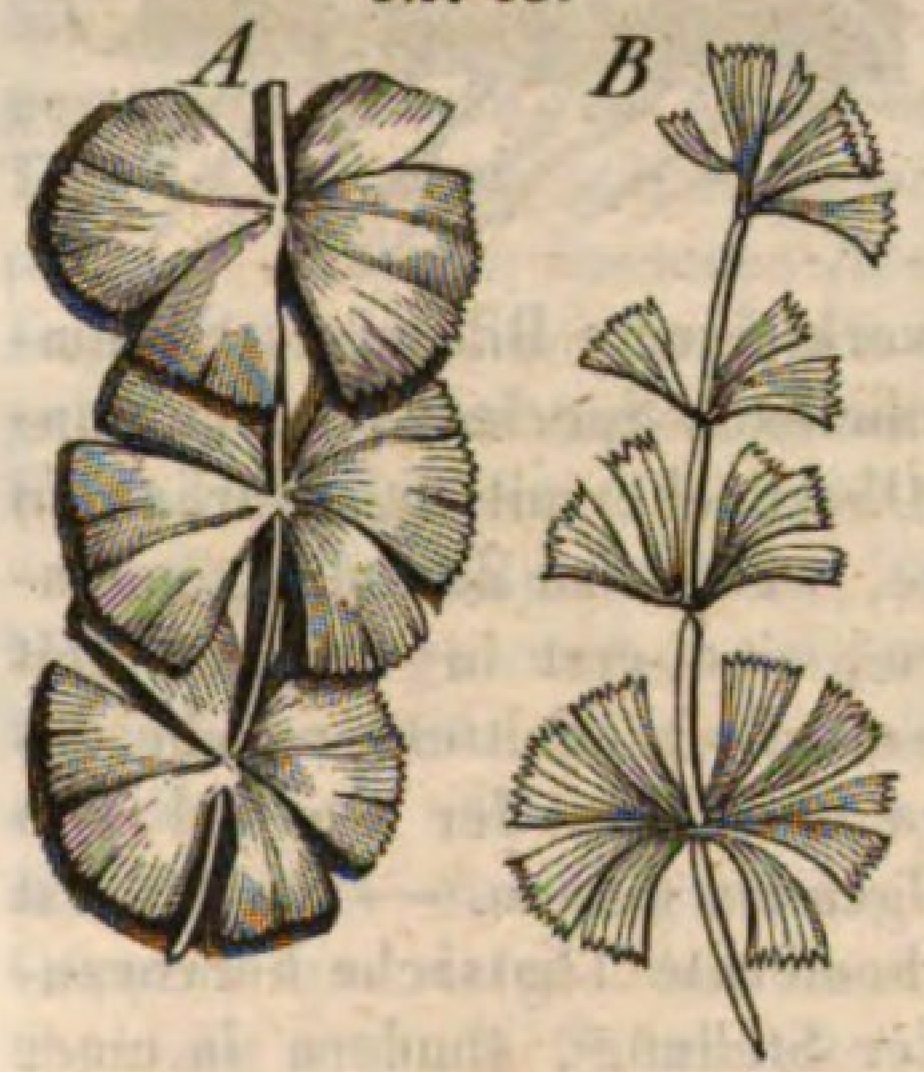
Querschnitte sternförmige Axe umschliessen. Es sind diess die sogenannten Staar- oder Wurmsteine.

§. 227. *Hydropteriden und Selagines.*

Die 8. Classe der Ungerschen Synopsis begreift die Hydropteriden oder Marsileaceen, unter welchen namentlich das aus der Steinkohlenformation bereits in 12 Species bekannte Genus *Sphenophyllum* von Wichtigkeit ist, welches zwar eine gewisse allgemeine Aehnlichkeit mit *Annularia* (S. 837) hat, dennoch aber leicht von diesem Genus unterschieden werden kann.

Sphenophyllum Brong. Einfache oder verzweigte, gegliederte Stängel, welche an ihren Abgliederungen mit 6- bis 12zähligen Blattwirteln versehen sind, deren Blätter keilförmig, bis an den Stängel frei und isolirt, und am äusseren Rande entweder ganz oder gekerbt, bisweilen selbst geschlitzt oder zweilappig sind. Der Holzschnitt Nr. 18 zeigt diese Charaktere sehr deutlich sowohl in dem Bilde *A*, als auch in dem Bilde *B*, von welchen jenes ein Fragment von *Sphenophyllum emarginatum*, dieses einen Zweig von *S. erosum* darstellt.

Nr. 18.



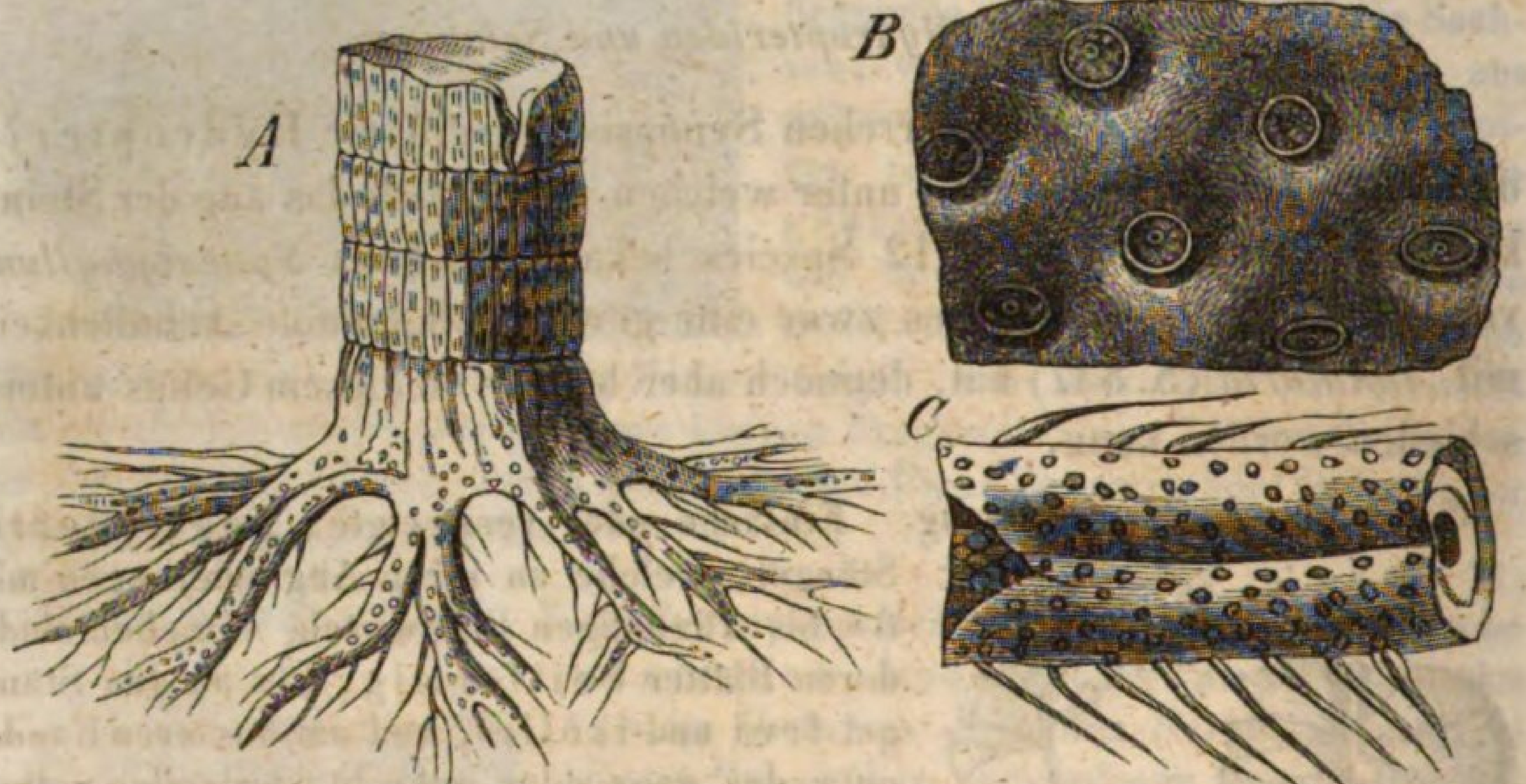
Das Geschlecht *Vertebraria* ist wegen seines häufigen Vorkommens in der Steinkohlenbildung von Ostindien und Neuholland zu erwähnen.

Eine ganz ausserordentliche Wichtigkeit müssen wir aber der nun folgenden 9. Classe zuerkennen, deren Formen Unger unter dem Namen der *Selagines* zusammenfasst, obgleich vielleicht einige ihrer Geschlechter zu den dicotyledonen Pflanzen zu rechnen sind. In dieser Classe begegnen wir nämlich einer Menge von grossen baumartigen Pflanzenstämmen oder stammähnlichen Theilen, welche besonders in der Steinkohlenformation vorkommen, und einen wesentlichen Antheil an der Bildung der Kohlenflötze selbst gehabt haben. Dahin gehören vor allen die Geschlechter *Stigmaria*, *Sigillaria*, *Lepidodendron* und *Knorria*, deren Stämme oft sehr bedeutende Dimensionen erreichen und zu Millionen in den Schichten der älteren steinkohlenführenden Formationen begraben sind, weshalb sie wohl eine etwas nähere Betrachtung verdienen.

Stigmaria Brong. Stammähnliche Pflanzentheile von dichotomer Verzweigung. Ihre Form ist fast cylindrisch, jedoch auf der einen Seite abgeflacht und etwas eingedrückt; sie sind im Innern mit einer excentrischen Axe, auf der Oberfläche aber mit kreisrunden, quincuncial gestell-

ten Narben versehen, an welchen noch sehr häufig lange, lineare, einfache oder verzweigte blattähnliche Fibrillae ansitzen.

Nr. 19.



Der Holzschnitt Nr. 19 zeigt in Fig. *C* das verkleinerte Bild eines Stammfragmentes von *Stigmaria ficoides* (der gewöhnlichsten Species) mit noch ansitzenden Fibrillen, in Fig. *B* ein Stück der Oberfläche mit den Narben in natürlicher Grösse. Diese räthselhaften Stämme, welche zu den allergemeinsten Pflanzen der Steinkohlenformation gehören, sind erst in neuerer Zeit richtig interpretirt worden, und die Fig. *A* unsers Holzschnittes, welche das sehr verkleinerte Bild eines vollständigen Exemplars aus der Gegend von Liverpool darstellt, mag zur Erläuterung des Folgenden dienen. — Zuvörderst ist die, schon im Jahre 1818 von Steinhauer bemerkte Thatsache hervorzuheben, dass die Stigmarien niemals in aufrechter Stellung, sondern in einer fast horizontalen (d. h. den Schichten beinahe parallelen) Lage vorkommen; weshalb sie auch Steinhauer für Wurzeln (*roots*), und ihre blattähnlichen Anhängsel für Fasern (*fibres*) erklärte. Nächstdem ist die von Lindley und Hutton nachgewiesene Gruppirung derselben zu berücksichtigen, welche sich freilich nur an vollständigen Vorkommnissen beobachten lässt, und in der Weise zu erkennen giebt, dass viele (bis 15) solcher Stämme von einem gemeinschaftlichen Centralstocke, gerade so wie starke Wurzeln von einem Baumstamme, nach allen Richtungen ausstrahlen. Endlich fand Binney im Jahre 1843 in einem Kohlenbergwerke bei Liverpool einen aufrecht stehenden Stamm von Sigillaria mit allseitig auslaufenden Wurzeln, welche letztere sich als vollkommene Stigmarien erwiesen. Diese Beobachtung ist später in anderen Gegenden sowohl von Binney, als auch von Rich. Brown und von King so vielfältig bestätigt worden, dass wohl nicht mehr daran gezweifelt werden kann, die Stigmarien seien grösstentheils nichts Anderes, als Wurzeln von Sigillarien, wie diess auch von den Kohlenbergleuten in Lancashire allgemein angenommen war. Indessen sind von Brown in den Kohlenbergwerken von Cape Breton auch Stigmarien als Wurzeln von Lepidodendron-Stämmen erkannt worden.

Wie bedeutend übrigens diese Stämme oft gewesen sein mögen, diess

ergiebt sich aus der Grösse ihrer Wurzeln, welche man schon von 20 bis 30 Fuss Länge beobachtet hat; ja, Lyell sah in einem Kohlenbergwerke Pennsylvaniens am Nesquahoning eine Stigmaria, welche, bei nur 3 Zoll Dicke, nicht weniger als 45 Fuss lang war.

Sigillaria Brong. Eine der häufigsten Stammformen der Steinkohlenformation, welche zugleich eine solche Manchfaltigkeit der Sculptur zeigt, dass bereits 71 Species unterschieden worden sind.

Diese Stämme sind in der Regel einfach und ungegliedert, sehr selten am oberen Ende gabelförmig getheilt, oder mit einer scheinbaren Gliederung versehen (Petzholdt's *Calamosyrinx*); sie kommen meist liegend und daher bretartig breitgedrückt, bisweilen aber auch aufrecht stehend und dann noch cylindrisch gestaltet vor. Sie werden oft sehr lang, 30, 40 bis 60 Fuss und darüber, und mehre Fuss stark; ja, im Schuylkill-Kohlenbassin in Nordamerika sind 100 Fuss lange Stämme gefunden worden. Doch findet man selten längere und unversehrte Stammtheile, meist nur kürzere Fragmente derselben. Sie müssen mit einer sehr festen Rinde versehen gewesen sein, welche gewöhnlich allein als eine Steinkohlenrinde erhalten ist, während der innere Theil des Stammes mit Schieferthon oder anderer Gesteinsmasse erfüllt zu sein pflegt. In ihrem äusseren Ansehen erinnern sie am meisten an Cacteen oder Euphorbiaceen, während sie in ihrer inneren Structur, nach der von Brongniart an einem versteinerten Exemplare von *Sigillaria elegans* angestellten Untersuchung, den Cycadeen näher zu stehen scheinen.

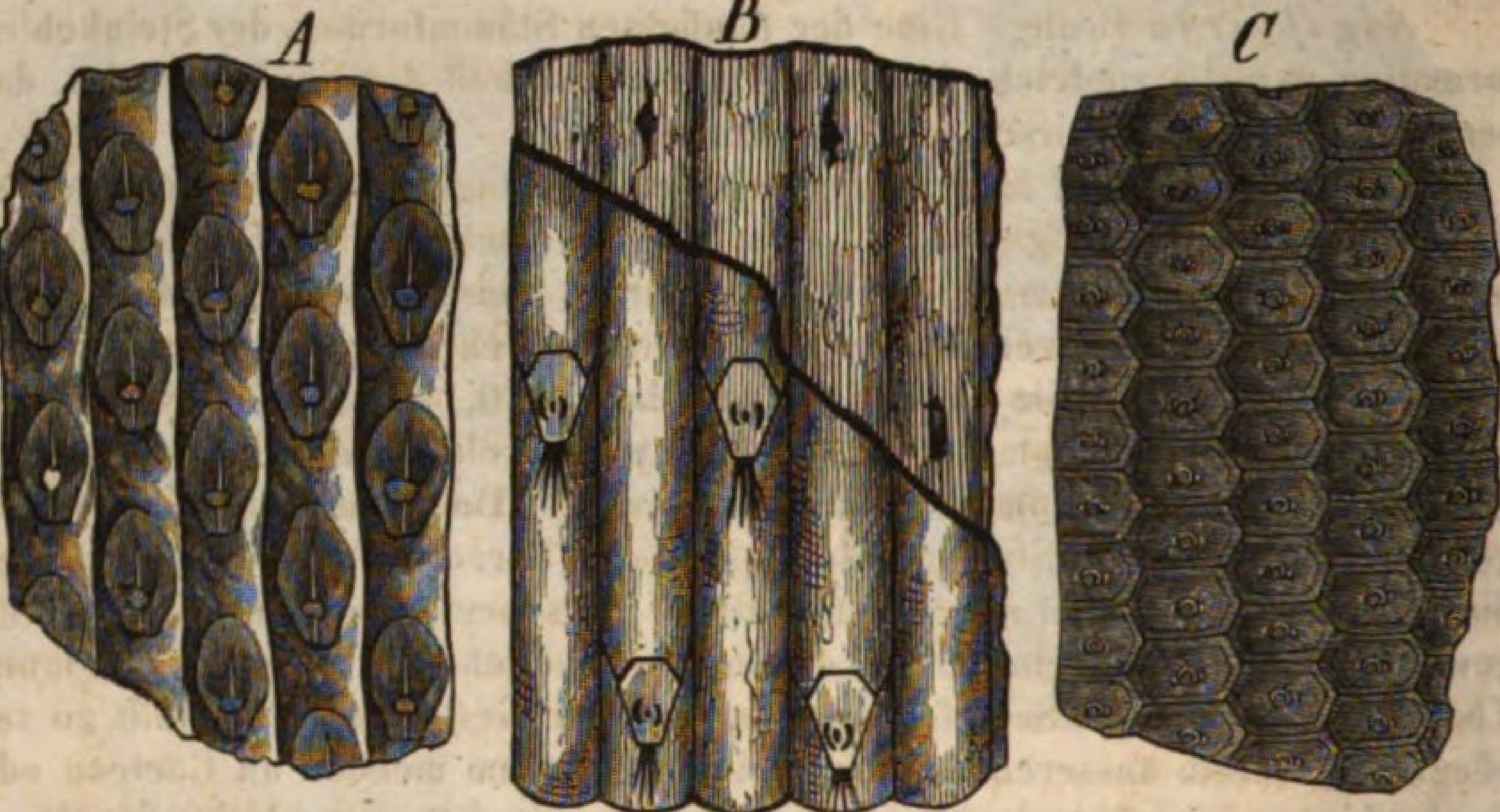
Sehr auffallend ist es, dass man an diesen Stämmen nur äusserst selten blattartige Organe noch ansitzend gefunden hat, während doch die zahlreichen Narben ihrer Oberfläche nur als Insertionsstellen von Blattstielen gedeutet werden können. Brongniart erwähnt nur zwei Fälle, wo schmale, lineare, an die Fibrillen der Stigmarien erinnernde Blätter noch ansitzend waren, und Göppert fand dergleichen lineare, von parallelen Nerven durchzogene Blätter ebenfalls nur als Seltenheit. King, welcher die Sigillarien für Stämme von *Neuropteris* hält, meint jedoch, diese Organe seien blose *ramenta* und keine wirklichen Blätter.

Die gewöhnlich vorkommenden Stammtheile haben folgende Eigenschaften. Die Oberfläche der Kohlenrinde ist meist sehr regelmässig cannelirt, so dass parallele, gleichbreite, glatte Leisten durch schmale Furchen getrennt werden. Diese Leisten sind mit siegelähnlichen Narben besetzt, welche eine höchst regelmässige quincunciale Anordnung zeigen, oval, elliptisch oder sechseckig und meist länger als breit, am unteren Ende jedoch weder zugespitzt noch in einen Kiel verlängert sind, übrigens aber in ihrer Mitte drei kleinere Närbchen (die Austrittspuncte von Gefässbündeln) erkennen lassen, von welchen die beiden äusseren länglich oder halbmondförmig gekrümmt sind, während das mittlere punctförmig erscheint. — Auf den entrindeten Steinkernen sind zwar die Leisten und Furchen noch sehr deutlich zu erkennen, die grösseren Narben oder Sigilla werden aber vermisst, und statt ihrer nur kleine, punctförmige oder lineare, einfache oder doppelte Narben wahrgenommen; die Oberfläche dieser Steinkerne ist übrigens vertical gestreift.

Manche Species zeigen jedoch eine ganz andere Sculptur ihrer Oberfläche, indem ihnen die Cannelirung fehlt, und die siegelähnlichen Narben, dicht an

einander gränzend, in verticale Reihen geordnet sind, so dass die sie trennenden Furchen ein regelmässiges Netz bilden.

Nr. 20.



Der Holzschnitt Nr. 20 zeigt in den beiden Figuren *A* und *B* Beispiele der ersteren, charakteristischen Form. Fig. *A* stellt den Abdruck eines Fragmentes von *Sigillaria oculata* (verkehrt), und Fig. *B* ein Fragment von *Sig. Voltzii* dar, an welchem der obere Theil die Oberfläche des entrindeten Steinkernes zeigt, woraus sich die Verschiedenheit der Sculptur der inneren und der äusseren Fläche ergiebt. Fig. *C* endlich giebt ein Bild von *Sig. elegans*, um die zweite, bei gewissen Species vorkommende Modalität der Oberflächenform zu veranschaulichen.

Dass übrigens die, meist nur nach Fragmenten bestimmten Species zum Theil noch sehr unsicher sind, ist wohl gewiss, weil sowohl der Erhaltungszustand als auch die Entwickelungsstufe grosse Verschiedenheiten bedingen, und weil ein und derselbe Stamm in verschiedenen Regionen auffallende Veränderungen der Sculptur zeigen kann. So fand z. B. Binney bei einem und demselben Stamm an verschiedenen Stellen die Sculpturen von vier verschiedenen Brongniart'schen Species.

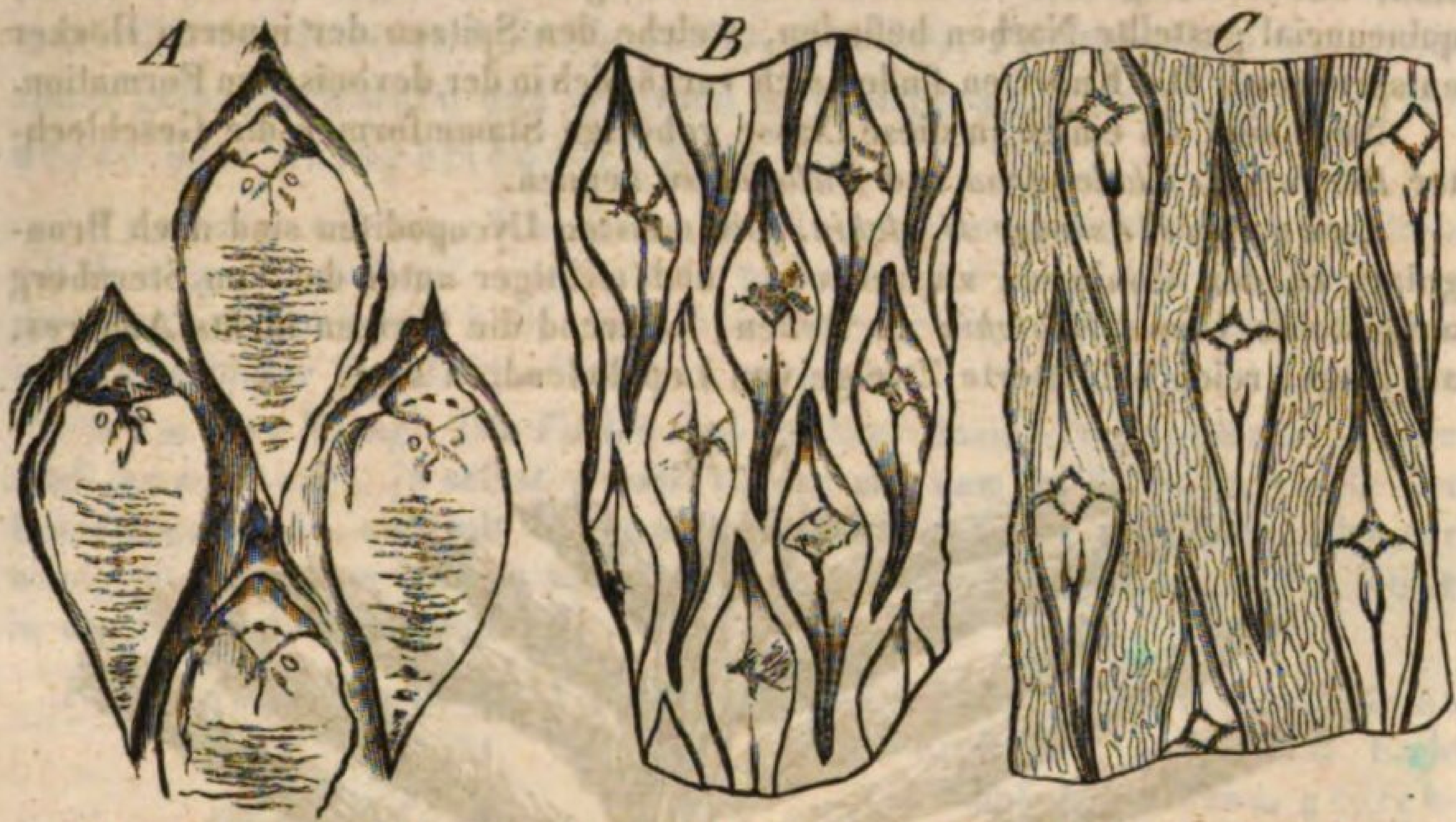
Syringodendron Sternb. Diese Stämme erscheinen ganz so wie die cannelirten Sigillarien, nur haben sie keine grossen siegelähnlichen, sondern nur ganz kleine, knotenartige Narben.

Lepidodendron Sternb. In der Häufigkeit ihres Vorkommens wetteifern die Stämme der Lepidodendra mit den Sigillarien; sie erlangen auch ähnliche colossale Dimensionen, geben sich aber in ihrer Form und Structur als wirkliche baumartige Lycopodiaceen zu erkennen, welche freilich die jetzigen (z. B. auf Sumatra von Junghuhn gefundenen, bis 25 Fuss hohen und ½ Fuss dicken) baumartigen Lycopodien noch an Grösse bedeutend übertreffen.

Die wichtigsten Merkmale der Lepidodendron-Stämme sind folgende. Sie erscheinen als baumartige, cylindrische, dichotom verzweigte Stämme, deren Oberfläche mit rhombischen oder lanzettförmigen Narben dicht bedeck ist, welche eine regelmässige quincunciale Anordnung zeigen, meist

langgestreckt und longitudinal gekielt, nach unten zugespitzt oder schweifartig verlängert, und in ihrem oberen oder mittleren Theile mit einer triangulären oder rhombischen, transversal gestellten Narbe (der Insertionsstelle der Blattbasis) versehen sind.

Nr. 21.



Der Holzschnitt Nr. 21 zeigt die Sculptur der Oberfläche von dreien verschiedenen Species, welche insgesammt der Abtheilung *Sagenaria* angehören; nämlich

Fig. *A* ein Stück von *Lepidodendron rugosum*,
- *B* *Veltheimianum*,
und - *C* *rimosum*.

Die Zweige sind oft noch dicht mit Blättern bedeckt, welche einfach, linear oder pfriemenförmig und ungestielt sind; auch tragen sie nicht selten zapfenartige, langcylindrische, aus dichten Schuppen bestehende Früchte. Werden diese Blätter und Früchte vereinzelt angetroffen, so nennt man sie *Lepidophyllum* und *Lepidostrobus*.

Knorria Sternb. Die Knorrien sind ebenfalls Stämme, welche oft eine bedeutende Grösse erreichen. Sie erscheinen meist einfach, verzweigen sich aber nach oben dichotom, und sind sehr leicht an der ganz einfachen Sculptur ihrer Oberfläche zu erkennen, welche mit kurzen, stumpf kegelförmigen oder dornenähnlichen, aufrechten Höckern bedeckt ist, wie es beistehender Holzschnitt zeigt, welcher einen Theil der Oberfläche von *Knorria imbricata* darstellt. — Man hat diese Höcker oder Fortsätze für blattartige Organe gehalten, was sie aber nicht sein können, weil die so erscheinenden Stämme nur die Kerne von entrindeten Exemplaren sind. Steininger hat im Jahre 1841 (in Nachträgen zur geognost. Beschr.

Nr. 22.

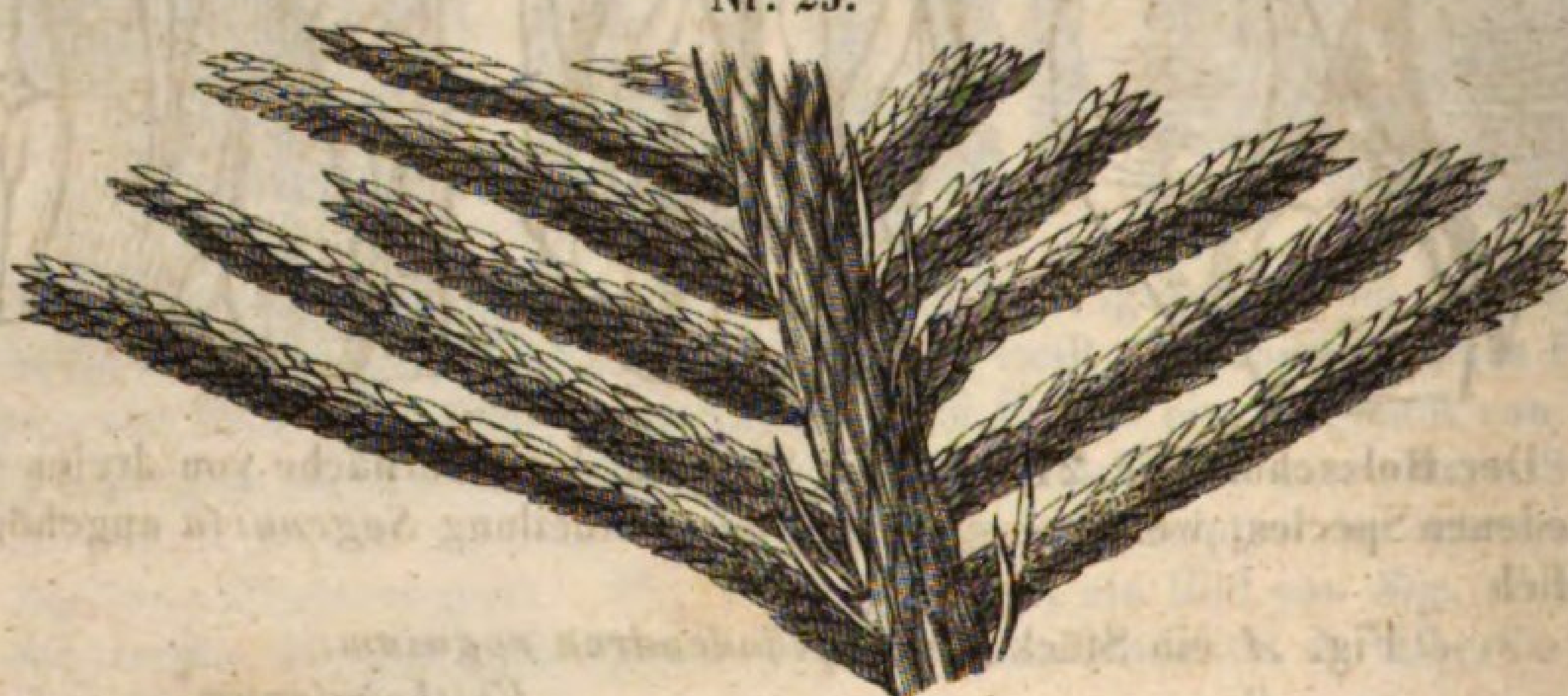


der Länder zwischen Saar und Rhein S. 12) die Beschreibung und Abbildung eines mit der Rinde versehenen Exemplars von *Kn. Selloni*, und Reich in demselben Jahre in einem Briefe an Leonhard (Neues Jahrb. 1842, S. 91) die Beschreibung eines ähnlichen Exemplars von *Kn. imbricata* gegeben, wodurch es erwiesen wurde, dass diese Stämme ursprünglich mit einer Rinde versehen sind, auf deren glatter Oberfläche sich nur ganz kleine, runde oder ovale, quincuncial gestellte Narben befinden, welche den Spitzen der inneren Höcker entsprechen. Die Knorrien finden sich vorzüglich in der devonischen Formation.

Noch sind als einige in diese Classe gehörige Stammformen die Geschlechter *Bergeria*, *Ulodendron* und *Halonia* zu nennen.

Lycopodites oder *Walchia*. Die meisten Lycopoditen sind nach Brongniart zu den Coniferen zu rechnen, und richtiger unter das von Sternberg aufgestellte Genus *Walchia* zu stellen, während die übrigen nichts Anderes, als junge, reich beblätterte Zweige von Lepidodendren sind.

Nr. 23.



Diese Lycopoditen oder Walchien, von denen man wohl nur Aeste und Zweige kennt, erscheinen als Aeste mit fiederständigen Zweigen, welche ringsum oder auch auf zwei Seiten mit dicht stehenden, pfriemenförmigen oder lanzettförmigen kleinen Blättern besetzt sind, wie es der Holzschnitt Nr. 23 zeigt, welcher das Fragment eines Astes von *Lycopodites pinnatus* (*Walchia pinnata*) darstellt. Man kennt von diesen Pflanzenformen 37 Species, welche grösstentheils in der Steinkohlenformation vorkommen.

§. 228. *Andere, besonders wichtige Pflanzenformen.*

Wir sind bei der Aufführung der bisher geschilderten Pflanzengeschlechter etwas ausführlicher gewesen, weil solche, als charakteristische Fossilien der Steinkohlenformation, auch in praktischer Hinsicht, für den Steinkohlenbergmann, eine grosse Wichtigkeit erlangen. Dafür werden wir uns bei der Betrachtung der noch übrigen Pflanzenformen um so kürzer halten können.

Als die nächste oder 10. Classe führt Unger die Zamieen oder Cycadeen auf. Die dahin gehörigen Fossilien finden sich grösstentheils

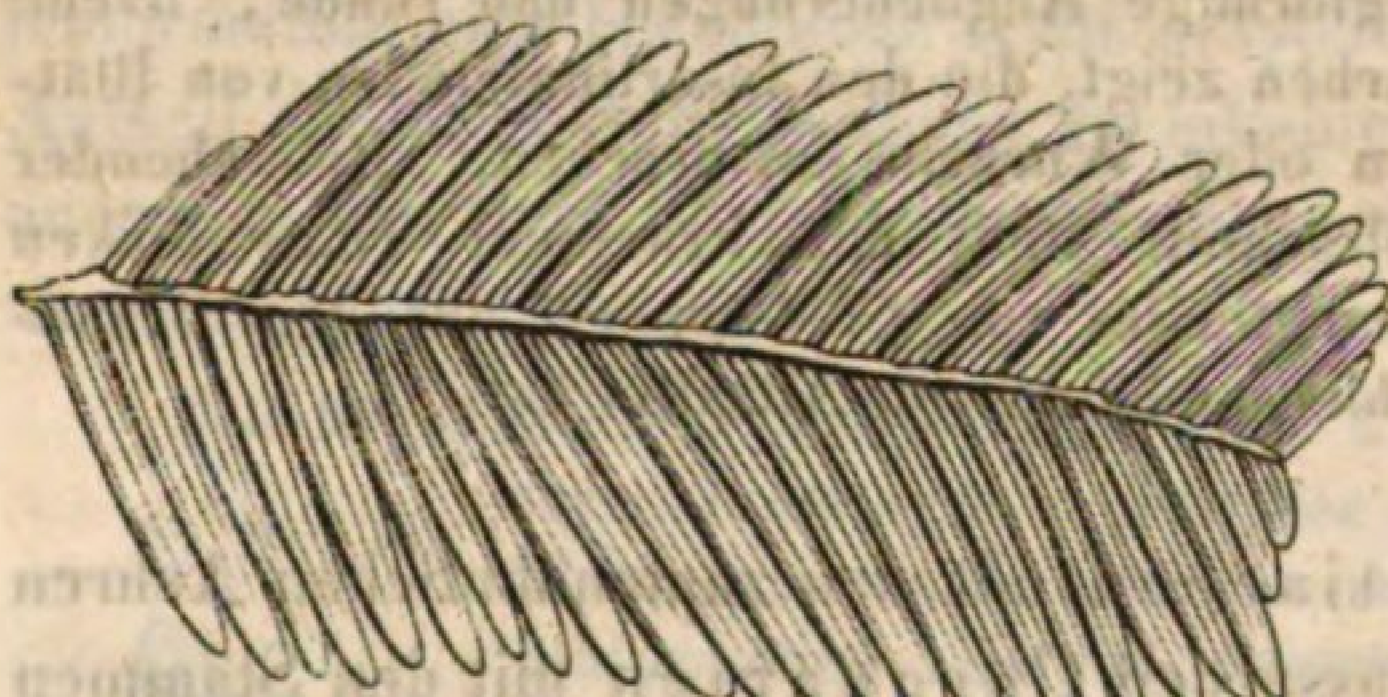
in der Lias- und Juraformation, einige in der Keuper-, Buntsandstein- und Kreideformation, so wie in den tertiären Formationen, aber nur wenige in der Steinkohlenformation. Man kennt von diesen Pflanzen Blätter, Stämme und Früchte, welche aber, ihres isolirten Vorkommens wegen, nicht sicher auf einander zu beziehen sind. Die Blätter sind unter die vier Geschlechter *Cycadites*, *Zamites*, *Pterophyllum* und *Nilssonia* gebracht worden und zeichnen sich insgesammt durch ihre gefiederte oder halbgefiederte Form aus.

Cycadites Brong. Die Fieder sind linear und gleichbreit, an der Basis mit ihrer ganzen Breite angeheftet, und nur mit einem starken Mittelnerv versehen. Man kennt 9 Species, von denen einige noch zweifelhaft sind, und keine in der Steinkohlenformation vorkommt.

Zamites Brong. Die Fieder sind an ihrer Basis eingeschnürt, oder auch erweitert, ja selbst geohrt, nur mit dem mittleren Theile der Basis angeheftet, und mit vielen, gleichstarken, parallelen oder nur wenig divergirenden Nerven versehen. Man kennt 25 Species, davon keine in der Steinkohlenformation.

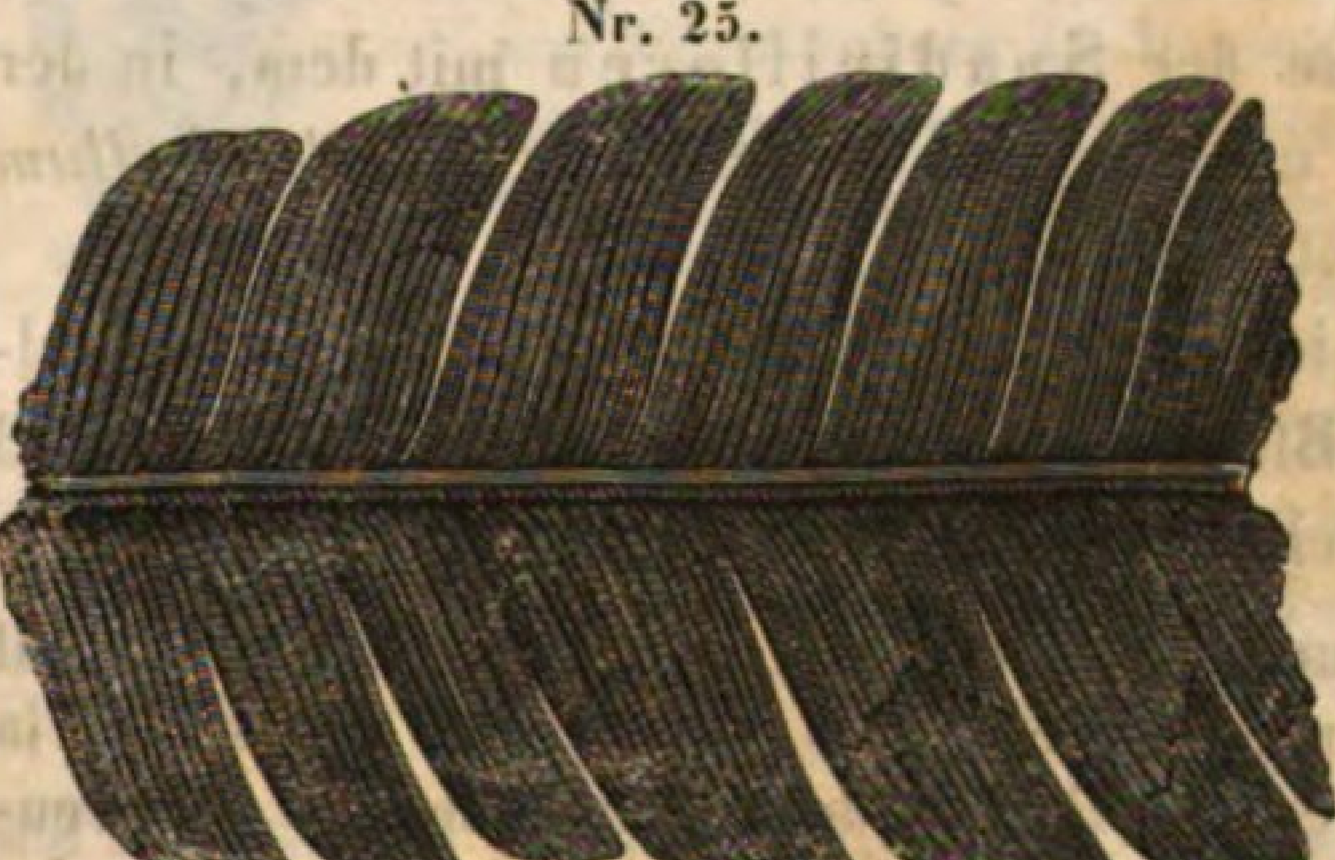
Pterophyllum Brong. Die Fieder sind der Rachis mit ihrer ganzen Breite angeheftet, am Ende stumpf, mit vielen, gleichstarken, einfachen, parallelen Blattnerven versehen. Von diesem wichtigen Geschlechte kennt man bereits 28 Species, welche sich nach der allgemeinen Form der Fieder in drei Gruppen bringen lassen. Der beistehende Holzschnitt giebt das verkleinerte Bild eines Blatttheiles von *Pt. Preslianum* aus der Juraformation von Stonesfield in England. Aus der Steinkohlenformation ist nur eine Species bekannt.

Nr. 24.



Nilssonia Brong. Die Fieder sind der Rachis mit ihrer ganzen Breite angeheftet, am Ende stumpf, und mit vielen, auffallend ungleich starken, einfachen, parallelen Blattnerven versehen. Man kennt 12 Species, von deren einer, der *N. compta* aus der Juraformation von Scarborough in Yorkshire, beistehender Holzschnitt ein Blattfragment darstellt. In der Steinkohlenformation ist bis jetzt noch keine Species gefunden worden.

Nr. 25.

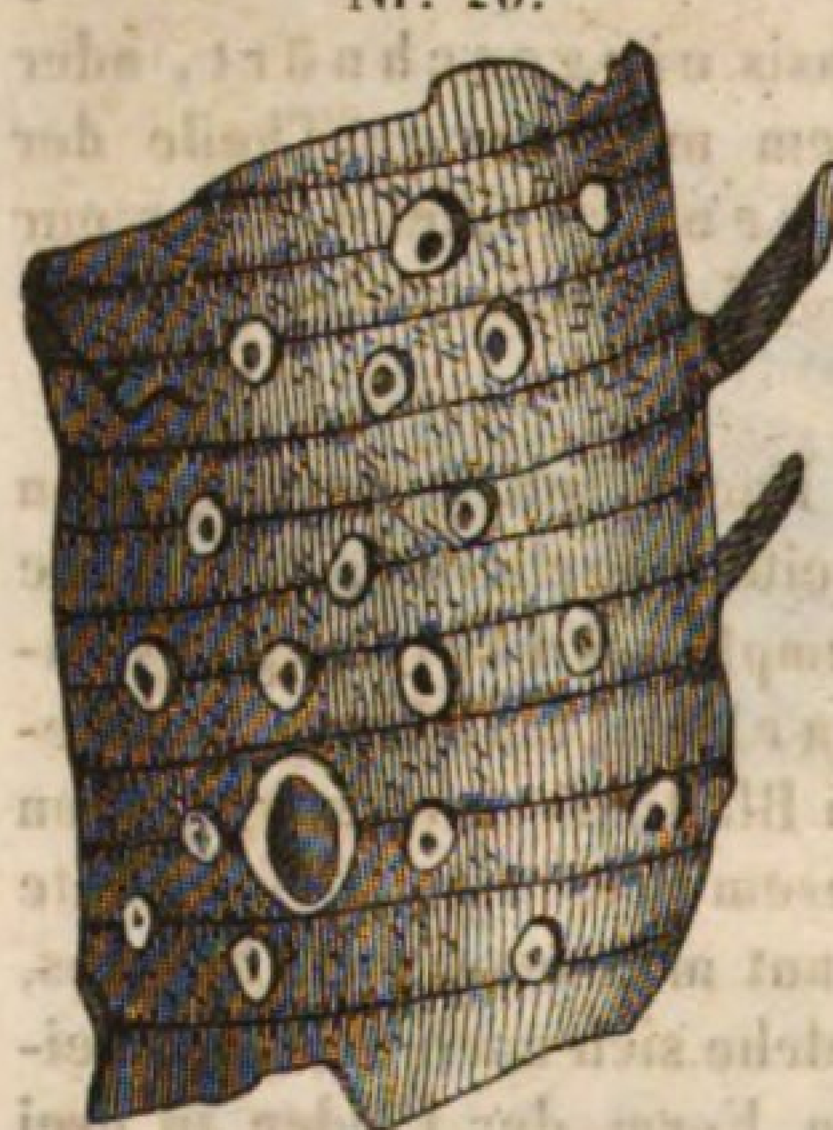


Die Cycadeenstämme, welche bisweilen sehr schön verkieselt vorkommen, sind immer sehr kurz, cylindrisch oder fast halbkuglig, und meist (mit Ausnahme von *Calamoxylon*) dicht mit breiten rhombischen Narben, den Insertionsstellen der Blätter, besetzt. Sie werden unter den generischen Namen *Cycadoidea*, *Raumeria* und *Calamoxylon* aufgeführt, und sind auch zum Theil in der Steinkohlenformation bekannt. Die von Cotta als *Medullosa* aufgeführte verkieselte Dendrolithenform scheint gleichfalls hierher zu gehören.

Die fast cylindrischen, zapfenförmigen Früchte der Cycadeen werden unter dem Geschlechtsnamen *Zamiostrobus* aufgeführt.

Die 11. Classe der Gramineen begreift nur wenige und meist undeutliche, daher auch schwer bestimmbare grasähnliche Pflanzenreste.

Nr. 26.



Indessen müssen wir doch eines Genus gedenken, von welchem die eine Species ziemlich häufig in den Sandsteinen und Limnoquarziten der Braunkohlenformation vorkommt. Es ist diess das Genus *Culmites* Brong., welches ziemlich dicke, kurze, regellos verzweigte, wurzelähnliche Stämme bildet, deren Oberfläche ringförmige Abgliederungen und runde, flache Narben zeigt, die den Insertionsstellen von Blättern oder Wurzeln entsprechen. Beistehender Holzschnitt stellt das Fragment eines dicken Stammtheiles von *C. Göpperti* aus dem Braunkohlensandstein von Altsattel dar.

Die 12. Classe der Restiaceen mit den zapfenähnlichen Aehren von *Palaeoxyris*, die 13. Classe der Coronarien mit den Stämmen von *Clathraria*, *Bucklandia* und *Artisia*, die 14. Classe der Scitamineen, in welcher besonders die ovalen, drei- oder sechskantigen Früchte von *Trigonocarpum* aus der Steinkohlenformation wichtig sind, die 15. Classe der Fluvialen mit *Zosterites*, *Caulinites* und anderen Geschlechtern, und die 16. Classe der Spadicifloren mit dem, in der Buntsandsteinformation nicht unwichtigen Geschlechte *Aethophyllum* mögen hiermit nur kurz erwähnt werden.

Von grösserer Bedeutung ist die 17. Classe der Palmen, in welcher an Stämmen, Blättern, Blüthenscheiden und Früchten bereits 43 verschiedene fossile Formen nachgewiesen worden sind.

Die Palmenstämme kommen verkieselt vor, und lassen sich daher auf ihre Structur sehr genau untersuchen; besonders wichtig ist das schon in 11 Species bekannte Genus *Fasciculites* Cotta, dessen Stämme aus zerstreuten, holzigen, mit Bast umgebenen Gefässbündeln bestehen, welche weder Holzschichten noch besondere Geflechte bilden; das zweite Genus, *Palmacites*

Brong. hat nur zwei Species; alle diese Palmenstämme aber scheinen tertiär zu sein.

Von Palmenblättern kennt man 19 specifisch verschiedene Formen, welche in drei Geschlechter gebracht worden sind. Das Geschlecht *Flabellaria*, ausgezeichnet durch seine gestielten fächerförmigen Blätter, enthält 14 Species, die fast alle tertiär sind, ausgenommen *F. borassifolia*, welche in der Steinkohlenformation, und *F. chamaeropifolia*, welche im Quadersandstein vorkommt. *Phoenicites* und *Zeugophyllites* haben beide gefiederte Blätter mit parallelen Nerven, welche bei jenem äusserst zart, bei diesem stark und minder zahlreich sind; die 4 Species von *Phoenicites* sind tertiär, die einzige bekannte Species von *Zeugophyllites* findet sich in der (jurassischen?) Steinkohlenformation des nördlichen Theiles von Vorderindien.

Blüthenscheiden von Palmen, *Palaeospathe* Ung., kennt man dermalen in zwei Species, eine in der Steinkohlenformation, die andere aus dem Permischen Sandsteine des Urals.

Von Palmenfrüchten endlich sind *Burtinia* Endl., ovale jedoch stumpf dreikantige Nüsse, und *Baccites* Zenk. blos ovale Nüsse, eine jede mit zwei Species aus der Braunkohlenformation bekannt.

Noch weit wichtiger als die Palmen sind die, die 18. Classe von Ungers Synopsis bildenden Coniferen, von welchen einige schon in der Steinkohlenformation eine bedeutende Rolle gespielt und sogar einen wesentlichen Antheil an der Bildung mancher Steinkohlenflötze gehabt haben, während andere in den Secundärformationen, sehr viele aber in den Tertiärformationen niedergelegt sind.

Nr. 27.



Wir begegnen hier in der Familie der Cupressineen den Geschlechtern *Juniperites*, *Thuytes*, *Cupressites*, *Taxodium* und anderen, von welchen die meisten Species in der Braunkohlenformation oder in anderen Tertiärbildungen vorkommen. Eine Species von *Cupressites*, nämlich *C. Ullmanni*, heben wir deshalb hervor, weil ihre Zweige (die sogenannten versteinerten Kornähren) von denen einer in beistehendem Holzschnitte Nr. 27 abgebildet ist, ihre zapfenförmigen Früchte und selbst Ast- und Holztheile gar nicht selten im Zechsteine von Frankenberg in Hessen vorkommen, woher sie fast in alle Sammlungen gelangt sind. Interessant ist es, dass diese Ueberreste sehr häufig gänzlich durch Kupferglanz vererzt, oder doch mehr oder weniger reichlich mit diesem Minerale imprägnirt sind, welches stellenweise mikroskopisch kleine Blättchen von gediegenem Silber enthält.

In der Familie der Abietineen sind, ausser vielen, in den Tertiärformationen vorkommenden Zapfen oder Strobiliten von Pitys, ganz vorzüglich die, in fossilen Aesten und Zweigen bekannten Geschlechter *Araucarites*, *Voltzia*, und *Haidingera* (oder *Albertia*), so wie die, unter den generischen Namen *Pinites* und *Peuce* aufgeführten Coniferen-Stämme und Hölzer zu erwähnen, welche letztere theils in der Steinkohlenformation, theils im Keuper, Lias und

in der Braunkohlenformation oder in anderen tertiären Bildungen vorkommen. Wir beschränken uns nur auf einige Bemerkungen über *Araucarites* und *Voltzia*.

Araucarites Sternb. Die Araucarien, diese schönen und colossalen, tropischen Repräsentanten unsrer einheimischen Nadelhölzer haben in früheren geologischen Perioden auch in den geographischen Breiten Europas ihre Vertreter gehabt. Der beistehende Holzschnitt Nr. 28 zeigt einen Zweig von *Araucaria peregrina* aus der Liasformation von Lyme-Regis in England. Aehnliche Formen müssen aber auch schon in der Periode der Steinkohlenformation grosse Waldungen gebildet haben, da man aus dieser Formation schon mehre Species von z. Th. colossalen Stämmen kennt, welche in ihrer Structur mit den Araucarien übereinstimmen, und da Göppert gezeigt hat, dass die in den Schlesischen Steinkohlenlagern sehr häufig vorkommende Faserkohle unter dem Mikroskope eine, dem Holze der jetzigen Araucarien ganz ähnliche Structur erkennen lässt; weshalb er die betreffende Pflanze als *Araucaria carbonaria* aufführt. (Neues Jahrbuch für Mineralogie 1847, S. 110.)

Nr. 28.



Voltzia Brong. Ueberreste dieses, nur in zwei Species bekannten ausgestorbenen Coniferengeschlechtes kommen besonders schön und häufig in der Buntsandsteinformation der Vogesen, zumal bei Sulzbad vor. Der Holzschnitt Nr. 29 stellt das Fragment eines Zweiges von *Voltzia heterophylla* (*var. rigida*) vor, deren Name es ausdrückt, dass ihre Blattformen sehr verschieden sind, ungefähr so wie bei der lebenden *Araucaria excelsa*, mit welcher die Voltzien überhaupt eine grosse Aehnlichkeit haben, obwohl sie sich durch ihre Zapfen auffallend genug unterscheiden. Die grosse Menge von Ueberresten dieser Species, welche in den Schichten des Buntsandsteins der Vogesen vorkommen, lässt vermuthen, dass sie in diesen Gegenden während der Periode jener Formation die vorherrschende Waldvegetation bildete.

Nr. 29.

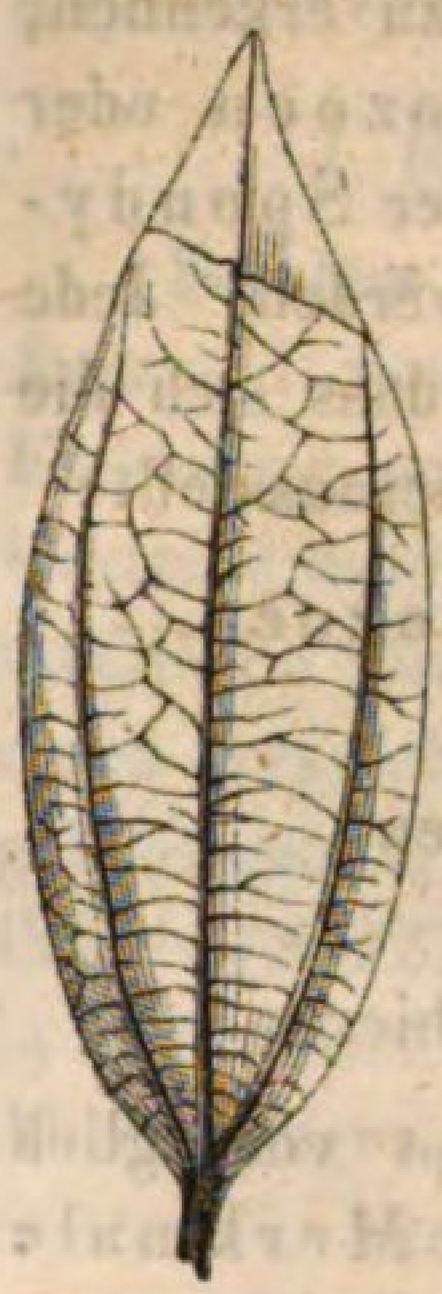


Von den noch übrigen Classen der Ungerschen Synopsis sind manche so unbedeutend, d. h. durch so wenige, oft nur durch ganz einzelne Formen vertreten, dass wir nur noch einiger derselben zu gedenken brauchen.

So ist die 20. Classe der Julifloren nicht unwichtig, weil sie in die Braunkohlenformation eine grosse Menge von Blattformen verschiedener vorweltlicher Arten von *Betula*, *Alnus*, *Quercus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Ulmus*, *Populus* und *Salix* geliefert hat, zu welchen sich vielleicht noch die in der Quadersandstein-Formation vorkommenden Blätter von *Credneria* gesellen lassen. Auch viele versteinerte Hölzer vorweltlicher Birken (*Betulinium* Ung.), Eichen (*Quercinium* Ung.), Buchen (*Ulminium* Ung.) und Ulmen (*Ulminium* Ung.), wie z. B. das sogenannte Sündfluthholz von Joachimsthal (*Ulminium diluviale*) gehören in diese Classe.

Aus der 22. Classe der Thymeläen verdient das Geschlecht *Daphnogene* Ung. deshalb erwähnt zu werden, weil die Blätter einer Species, nämlich der *D. cinnamomifolia*, in den Sandsteinen der Braunkohlenformation eine recht häufig vorkommende Erscheinung bilden. Der Holzschnitt Nr 30 zeigt eines dieser Blätter, welche, auch bei zuweilen verschiedener Form, durch die drei starken Blattnerven, von denen die beiden seitlichen aus dem Mittelnerv entspringen, sehr ausgezeichnet sind. Auch ist ihre Aehnlichkeit mit den Blättern des Zimmtbaumes (*Cinnamomum aromaticum*) der Jetztwelt so auffallend, dass man wohl eine ähnliche Organisation, und folglich auch für die Gegenden ihres Vorkommens zur Zeit der Bildung der betreffenden Schichten, ein tropisches Klima voraussetzen kann. Sie finden sich sehr schön bei Altsattel in Böhmen, in Hessen und nach Viviani im Gyps von Stradella.

Nr. 30.



Die 32. Classe der Acerineen führt uns in dem Geschlechte *Acer* selbst eine nicht unwichtige Form vor, da Blätter vorweltlicher Ahorn-Arten sowohl in der Braunkohlenformation, als auch in anderen Tertiärbildungen ziemlich häufig vorkommen, und da auch ahornähnliches Holz (*Acerinium* Ung.) in Oesterreich gefunden worden ist.

Die 35. Classe der Terebinthineen hat unter anderen viele Nüsse aufzuweisen, welche auf vorweltliche Species des Genus *Juglans* bezogen werden; namentlich sind die Nüsse von *Juglans ventricosa*, welche mit denen von *J. alba* der Jetztwelt eine ausserordentliche Aehnlichkeit besitzen, ein in manchen Gegenden der teutschen Braunkohlenformation bekanntes Fossil.

Endlich ist noch die 39. Classe der Leguminosen deshalb zu erwähnen, weil die schotenartigen Früchte vieler vorweltlichen Pflanzen aus dieser Familie in den tertiären Bildungen, z. B. auf der Insel Sheppey, bei Radoboj in Croatien, und anderwärts vorkommen.

Ausserdem giebt es sehr viele Pflanzenreste, namentlich Blätter, Früchte und Hölzer, welche bis jetzt nicht auf bestimmte Familien weder der Jetztwelt noch der Vorwelt bezogen werden konnten, und daher grösstentheils unter den allgemeinen Namen *Phyllites*, *Carpolithes*, *Dendrolithes*, oder auch unter anderen, willkürlich gewählten Namen aufgeführt werden. Dahin gehören z. B. der bei Altsattel ziemlich häufige *Phyllites subserratus*, die in der teutschen Braunkohlenformation mehrorts bekannte Frucht, *Folliculites Kaltennordheimensis*, und viele von Bowerbank unter dem Namen *Faboidea* aufgeführte Früchte von der Insel Sheppey, so wie endlich mehre versteinerte Hölzer,

welche Unger mit den Namen *Petzholdtia*, *Bronnites*, *Cottaites* u. s. w. belegt hat.

C) Fossile Thierreste.

§. 229. *Uebersicht; Infusorien und Korallen.*

Bevor wir zur Betrachtung einiger thierischen Ueberreste verschreiten, wird es der Orientirung wegen zweckmässig sein, die Uebersicht des Thierreiches selbst in Erinnerung zu bringen. In der Entwickelung des ganzen Thierreiches geben sich drei Hauptstufen zu erkennen, welche durch die drei grossen Abtheilungen der Gastrozoen oder Bauchthiere, der Arthrozoen oder Gliederthiere, und der Spondylozoen, Vertebraten oder Wirbelthiere repräsentirt werden. Jede dieser Abtheilungen zerfällt wiederum in vier Classen, so dass sich die allgemeine Eintheilung des Thierreiches folgendermaassen herausstellt:

Gastrozoen.	Arthrozoen.	Spondylozoen.
1) Infusorien.	5) Anneliden.	9) Fische.
2) Polypen.	6) Crustaceen.	10) Reptilien.
3) Radiaten.	7) Arachnoiden.	11) Vögel.
4) Mollusken.	8) Insecten.	12) Säugethiere.

Für die Geognosie, welche die Fossilien überhaupt vorzüglich insofern zu berücksichtigen hat, wiefern sie ihr brauchbare Merkmale zur Bestimmung und Unterscheidung der Gebirgsformationen liefern, haben nun auch die Ueberreste aus diesen verschiedenen Thierclassen einen grösseren oder geringeren Werth, je nachdem durch sie jener Zweck mehr oder weniger leicht und sicher erreicht wird. Daher können manche, für den Paläontologen von Fach, für den Zoologen oder Botaniker äusserst interessante Formen für den Geognosten ein untergeordnetes Interesse haben, sobald die betreffenden Schichten durch andere, dem zoologischen Auge vielleicht weniger imponirende Formen, oder auch durch ihre Lagerungsverhältnisse so vollkommen bestimmbar sind, dass über ihre wahre geognostische Stellung gar kein Zweifel obwalten kann. Als Paläontolog wird sich der Geolog natürlich für alle organischen Ueberreste interessiren, als Chthonograph aber wird er sein Interesse an ihnen nach dem Nutzen abwägen, welchen sie ihm bei der Lösung seiner besonderen Aufgabe leisten. Im Allgemeinen lässt sich nun wohl behaupten, dass die Classen der Polypen, der Radiaten, der Mollusken, der Crustaceen, der Fische und der Reptilien von ganz vorzüglicher Wichtigkeit für den Geognosten, und dass es unter ihnen

wiederum die drei zuerst genannten Classen sind, deren Formen am häufigsten als paläontologische Merkmale zu Rathe gezogen werden müssen.

Was den Erhaltungszustand dieser thierischen Ueberreste betrifft, so ist derselbe verschieden nach Maassgabe der betreffenden Classen und Ordnungen, weshalb es am zweckmässigsten erscheint, das Nöthige hierüber bei jeder Classe zu bemerken, so weit es nicht schon oben in §. 222 mit zur Sprache gebracht worden ist. Uebrigens lassen wir uns bei den nächstfolgenden Darstellungen hauptsächlich die von Geinitz, in seinem Grundrisse der Versteinerungskunde befolgte Anordnung, jedoch in umgekehrter Folge, zum Anhalten dienen.

I. Classe. Infusorien.

Seitdem zuerst von Fischer in der Kieselguhr von Franzensbad ein Aggregat von Infusorienpanzern nachgewiesen worden war, hat sich Ehrenberg mit rastlosem Eifer der mikroskopischen Untersuchung der Gesteine unterzogen, und so verdankt man diesem gründlichen und unermüdlichen Forscher die wichtige Entdeckung, dass selbst die Infusorien einen wesentlichen Antheil an der Bildung mancher Gebirgsschichten gehabt haben, indem sie nicht nur im Polirschiefer und in den Infusorien-Peliten (S. 727) selbständige Ablagerungen bilden, sondern auch im Flint, in der Kreide und in gewissen Opalen, in manchen Tuff- und Thon-Ablagerungen, im Raseneisensteine und Marschlande u. s. w. ihre Ueberreste mehr oder weniger reichlich hinterlassen haben. Durch diese glänzenden Entdeckungen Ehrenberg's ist der Paläontologie ein ganz neues Feld aufgeschlossen worden, auf welchem noch manche wichtige Ausbeute zu erwarten steht, wie denn Ehrenberg selbst noch fortwährend das Gebiet desselben nach allen Richtungen zu erweitern bemüht ist, jenseits des Oceans aber besonders Bailey in New-York dasselbe Feld mit dem schönsten Erfolge zu durchforschen begonnen hat.

Die Infusorien zerfallen nach Ehrenberg in die beiden Abtheilungen der *Polygastrica* und der *Rotatoria*, von welchen die letzteren, in Ermangelung fester, der Verwesung widerstehender Theile, keine erkennbaren organischen Ueberreste geliefert haben, während die polygastrischen Infusorien mit zarten Panzern oder Schildern versehen sind, welche, wie Kützing im Jahre 1834 gezeigt, aus Kieselerde bestehen, und daher, ungeachtet ihrer ausserordentlichen Feinheit, Jahrtausende hindurch im wohlerhaltenen Zustande verharren können.

Dass nun aber diese mikroskopischen Ueberreste einer im kleinsten Raume sich entfaltenden Thierwelt dennoch in solcher Menge angehäuft werden konnten, um weit ausgedehnte und zum Theil recht mächtige

Schichten zu bilden, diess erklärt sich aus der erstaunenswerthen Fortpflanzungsfähigkeit dieser Thiere. Die Fortpflanzung der meisten Infusorien erfolgt nämlich durch Selbsttheilung. Eine Bacillarie z. B. theilt sich binnen einer Stunde in zwei Individuen, deren jedes sich in der nächsten Stunde abermals theilen kann, so dass ein Individuum in 24 Stunden über 4000, und in 48 Stunden 8 Millionen Einzelthiere zu liefern vermag. Diese ungeheure Vervielfältigung macht es begreiflich, wie sich in einem Wassertümpel, während eine Generation nach der andern abstirbt und ihre Kieselpanzer zu Boden sinken, in kurzer Zeit ein Sediment von sogenannter Kieselguhr bilden kann.

Man kennt bereits eine grosse Anzahl Geschlechter und Species von fossilen Infusorien, welche grösstentheils der Familie der Bacillarien angehören, zum Theil auch noch lebend in der Jetztwelt angetroffen werden, und theils im Meerwasser, theils im süssen Wasser gelebt haben. Wir heben nur einige dieser Formen hervor, welche im Holzschnitte Nr. 31 abgebildet sind.

Nr. 31.



Fig. *A* ist das 300 Mal vergrösserte Bild von *Gaillonella distans*, deren aus mehren oder wenigeren (im Bilde aus vier) cylindrischen Gliedern kettenartig zusammengesetzte Panzer den Polirschiefer von Bilin fast ausschliesslich constituiren.

Fig. *B* giebt die obere Ansicht, und die darunter stehende Figur die Seitenansicht von *Gaillonella sulcata*, Fig. *C* das Bild einer *Navicula* und Fig. *F* die Grund- und Seitenansicht von *Coscinodiscus patina*, welche alle drei in dem S. 728 erwähnten tertiären Infusorienlager von Richmond in Virginien vorkommen.

Fig. *D* ist das Schild einer Species von *Campylodiscus*, welche die Kieselguhr von Franzensbad bei Eger grösstentheils zusammensetzt.

Fig. *E* stellt *Xanthidium ramosum* dar, dessen merkwürdig gestaltete Panzer in den Feuersteinen der Kreideformation keine ganz seltene Erscheinung bilden, obwohl sie dem blosen Auge nur wie ganz kleine Puncte erscheinen.

II. Classe. Polypen oder Korallenthiere.

Bei den meisten dieser Thiere sind die eigentlichen Polypen und der Polypenstock (*polyparium*) zu unterscheiden. Da nun die Thiere selbst, bei ihrer weichen gallertähnlichen Consistenz, im fossilen Zustande spurlos verschwunden sind, so kann in der Paläontologie auch nur von den Polypenstöcken oder Korallen die Rede sein, deren Ueberreste allerdings

sehr häufig, und zwar entweder versteinert (gewöhnlich verkalkt, seltener verkieselt) oder auch in Abdrücken und Steinkernen vorkommen.

Linné nannte diese Thiere Zoophyten und hielt sie für Mittelwesen zwischen Pflanzen und Thieren. In der That erscheinen sie auch oft in pflanzenähnlichen Formen, und dieser Schein wird im lebenden Zustande noch dadurch erhöht, dass die Korallen gleichsam mit Blumen geschmückt sind. Der unten angeheftete, kegelförmige oder röhrenförmige Körper der Polypen ist nämlich oben erweitert und mit einem Kranze von Tentakeln versehen, in dessen Mitte der Mund liegt. Diese sternförmig ausgebreiteten Polypen wetteifern in der Schönheit ihrer Formen und Farben mit den Blumen, und während einige klein sind, haben andere ½ bis 2 Zoll im Durchmesser. Jeder Theil einer Madrepore ist im lebenden Zustande mit solchen Polypen bedeckt; der schönste Garten, sagt Dana, bietet in seinen Blumen keine zierlicheren Formen und herrlicheren Farben dar, als ein lebendes Korallenriff in seinen Polypen; nur das Grün der Blätter fehlt ihnen, wird aber durch diese perennirenden Blumen reichlich ersetzt.

Was nun aber die Polypenstöcke oder Korallen selbst betrifft, so sind sie keinesweges als die Wohnungen oder Zellen der Polypen zu betrachten; im Gegentheile werden sie von den Polypen umschlossen, ja bisweilen, wie in den Madreporen, so gänzlich umhüllt, dass die Koralle im lebenden Zustande nirgends hervortritt. Die Korallen werden innerhalb der Polypen durch Secretion gebildet, wie die Knochen in den Wirbelthieren, mit welchen sie sich noch weit eher vergleichen lassen, als z. B. mit den Zellen der Bienenstöcke.

Eine der merkwürdigsten Eigenthümlichkeiten der Polypen, welche auch in den Korallen sehr deutlich hervortritt, ist ihre oft zusammengesetzte Natur, indem viele Polypen zu einem gemeinschaftlichen Ganzen vereinigt, und dem Gesetze der Aggregation unterworfen sind, durch welches die Individualität der einzelnen mehr oder weniger herabgezogen wird. In einer Madrepore z. B. sind Hunderte von Polypen zu einem Stamme verbunden, und in einer Asträa entspricht jede Zelle einem Polypen. Obgleich getrennt in gewissen Functionen, sind diese aggregirten Polypen doch in anderen Functionen abhängig von einander. Wie häufig übrigens diese zusammengesetzten Polypen und Korallen sind, so giebt es doch auch einfache, welche bisweilen, wie z. B. im Geschlechte *Fungia*, eine bedeutende Grösse erreichen.

Obgleich in neuerer Zeit Dana, so wie gemeinschaftlich Milne Edwards und Jules Haime die Korallen einer neuen Bearbeitung unterworfen haben, wobei namentlich von den Letzteren ein auch für die fos-

silen Korallen sehr wichtiges Verhältniss, nämlich das Zahlengesetz der Sternlamellen, genauer als bisher berücksichtigt worden ist, so behalten wir doch für unseren Zweck die Ehrenbergische Eintheilung bei, nach welcher die Classe der Korallenthiere in die drei grossen Abtheilungen der Amorphozoen, der Bryozoen und der Anthozoen zerfällt.

1) *Amorphozoen* oder Schwammkorallen. Es ist noch zweifelhaft, ob diese, von den eigentlichen Polypen sehr abweichenden Wesen wirklich dem Thierreiche, oder nicht vielmehr dem Pflanzenreiche angehören. Von den Zoologen wie von den Botanikern zurückgestossen, sagt Bronn, schwanken sie zwischen beiden Naturreichen. Sind sie wirklich Thiere, so dürften sie nach Dana den Infusorien jedenfalls näher stehen, als den Polypen.

Die Stöcke dieser Amorphozoen erreichen ziemlich bedeutende Dimensionen, haben ursprünglich eine filzigfasrige, bisweilen eine gitterartig gestrickte, schwammartige, porose Structur, und sehr verschiedene, bald regellose, bald mehr oder weniger bestimmte, knollige, kuglige, birnförmige, cylindrische, kreiselförmige, trichterförmige, becherförmige, schüsselförmige Gestalten

Einige der wichtigsten Geschlechter sind *Spongia*, *Achilleum*, *Tragos*, *Manon*, *Scyphia*, *Cnemidium*, *Siphonia*, *Ventriculites* und *Choanites*, welche zumal in der Jura- und Kreideformation, am häufigsten verkalkt, bisweilen verkieselt, selten verkiest vorkommen. Namentlich tritt das Genus *Scyphia* in der mittleren Etage der Juraformation mit einer grossen Anzahl von Species und in einer erstaunlichen Menge von Individuen auf. Der nachstehende Holzschnitt zeigt einige Formen solcher Amorphozoen.

Nr. 32.



Fig. *A*, der obere kugelige Theil von *Siphonia Websteri*.
Fig. *B*, drei gruppirte cylindrische Stöcke von *Scyphia intermedia*.
Fig. *C*, die untere Ansicht von *Ventriculites radiatus*, 6 Mal verkleinert.
Fig. *D*, ein durch Flint versteinerter Stock von *Choanites Königii*.

Noch sind die sogenannten Spiculae, zarte, aus Kieselerde bestehende Nadeln zu erwähnen, welche von Spongien herrühren, und nicht selten in der Begleitung der Infusorienpanzer vorkommen.

2) *Bryozoen* oder Mooskorallen. Diese Abtheilung, welche Dana gar nicht zu den Zoophyten rechnet, begreift lauter sehr kleine und

zierlich gestaltete Korallen, welche in die drei Ordnungen der Polythalamien, der Thallopoden und Skleropoden vertheilt werden.

a) Die Ordnung der Polythalamien, welche Alcide d'Orbigny Foraminiferen und Dujardin Rhizopoden genannt hat, ist von Ehrenberg zu den Korallen gestellt worden, während sie d'Orbigny wohl mit Recht als eine selbständige, zwischen den Polypen und Radiaten stehende Abtheilung des Thierreiches betrachtet; früher pflegte man sie in die Classe der Mollusken, zu den Cephalopoden, zu rechnen. Sie enthält lauter freie, d. h. nicht angeheftete, sehr kleine und oft mikroskopische Korallen, welche aber desungeachtet nicht selten in solcher Menge angehäuft sind, dass ganze Schichten und Schichtensysteme hauptsächlich von ihnen gebildet werden. Ehrenberg hat gezeigt, dass die meisten Kalksteine der Kreideformation und viele tertiäre Kalksteine, ja, dass selbst manche ältere Kalksteine gänzlich oder doch grossentheils aus den Ueberresten mikroskopischer Polythalamien bestehen, so dass sie in Betreff gewisser Kalksteine eine ganz ähnliche Rolle spielen, wie die polygastrischen Infusorien in Betreff gewisser Kieselgesteine.

Die Polythalamien sind ganz kleine Thiere, deren Körper mit einer kalkigen Schale bedeckt ist, und gewöhnlich aus mehren Abtheilungen oder Segmenten besteht, welchen sich die Schale genau anschliesst. Diese Schale hat oft die grösste Aehnlichkeit mit der Schale gekammerter Cephalopoden, ist jedoch ganz geschlossen, mit Ausnahme der letzten Kammer, welche eine oder auch mehre sehr kleine Oeffnungen zeigt, durch welche das Thier äusserst feine, fadenartige Organe hervorstreckt, die zur Bewegung und wahrscheinlich auch zur Ernährung dienen. Im embryonischen Zustande bestehen sie nur aus einem Segmente, an welches sich bei der weiteren Entwickelung immer neue Segmente anschliessen, und die Gesetze, nach welchen diess geschieht, bestimmen die verschiedenen Ordnungen, welche d'Orbigny aufgestellt hat. Sie leben noch jetzt häufig an sandigen Meeresküsten.

Der Holzschnitt Nr. 33 zeigt die Bilder einiger Polythalamienschalen, welche meist sehr stark vergrössert sind, weshalb die natürliche Grösse daneben angedeutet worden ist.

Nr. 33.

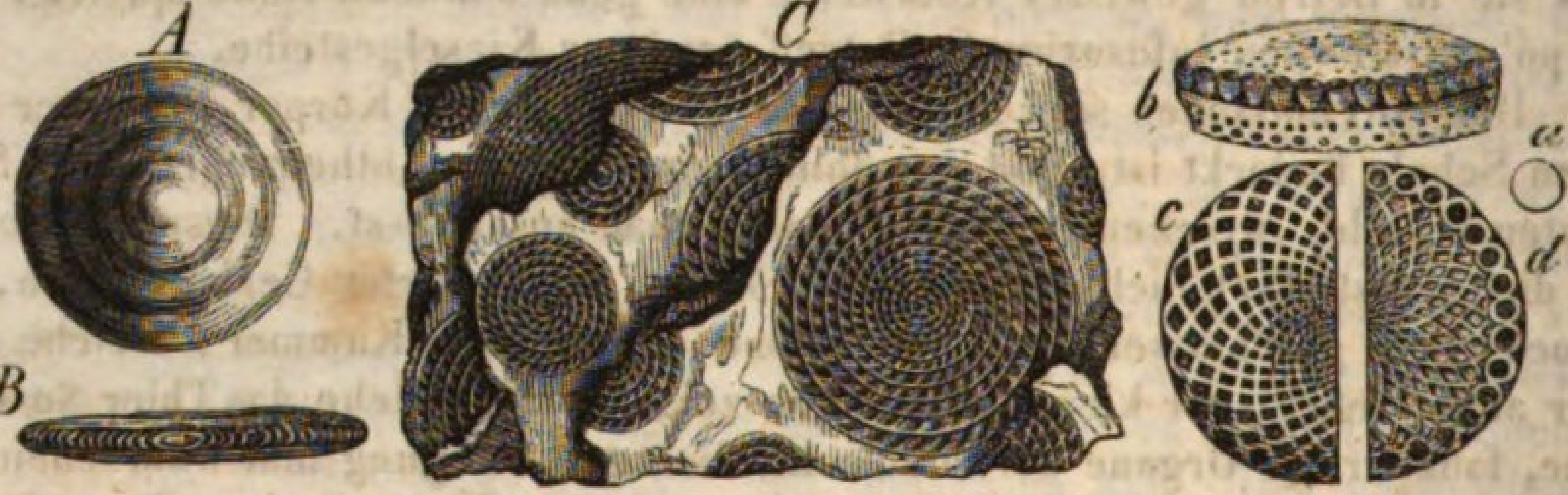


Fig. 1. *Melonia sphaerica*; aus tertiären Schichten.
- 2. *Coscinospira nautiloides*; aus der Kreideformation.
- 3. *Nodosaria laevigata*; tertiär von Wien.
- 4. - - *raphanistrum*; ebendaher.
- 5. *Dentalina monile*; aus der Kreideformation.
- 6. *Cristellaria rotulata*; sehr verbreitet in der Kreideformation.
- 7. *Bulimina Murchisoniana*; ebendaselbst.
- 8. *Virgulina squamosa*, 10 Mal vergr. tertiär von Wien.

Fig. 9. *Textilaria praelonga,* 10 Mal vergr. aus dem Pläner.
- 10. - - *globulosa*, sehr stark vergr. ebend.
- 11. *Biloculina bulloides*, tertiär von Paris.
- 12. *Triloculina trigonula*, tertiär, sehr häufig.
- 13. *Quinqueloculina saxorum*, tertiär, äusserst häufig.

Zu den Polythalamien werden, wenn auch nur anhangsweise, einige Formen gestellt, welche z. Th. eine sehr wichtige Rolle in der Gebirgswelt spielen. Dahin gehören vor allen die Nummuliten, linsenförmige oder scheibenförmige Fossilien, welche in mancherlei schwer zu unterscheidenden Species auftreten, und in der älteren Tertiärformation Süd-Europas, Süd-Asias und Nord-Africas zu selbständigen mächtigen Schichtensystemen, oder doch so zahlreich angehäuft sind, dass man diesen Schichtencomplex mit dem Namen der Nummulitenformation belegt hat.

Nr. 34.



Der Holzschnitt Nr. 34 zeigt in *A* die obere Seite, in *B* den Querschnitt eines solchen Nummuliten, in *C* ein Stück Nummulitenkalkstein mit grösseren und kleineren Exemplaren, deren innere Structur in dem Längsschnitte entblöst ist, wie sich solcher sehr leicht durch die Spaltung der Schale in zwei Hälften ausbildet; Alles in natürlicher Grösse.

In demselben Holzschnitte ist das im Pariser Grobkalke, z. Th. auch in der Kreide von Maestricht vorkommende und schon zu den Thallopoden gehörige Genus *Orbitulites*, in der Species *O. macropora*, dargestellt, wobei *a* die natürliche Grösse, *b* die 6 bis 7 Mal vergrösserte Seitenansicht, *c* die Hälfte der Unterseite und *d* die Hälfte der Oberseite zeigt.

b) Die Ordnung der Thallopoden begreift ebenfalls meist nur kleine und zierliche Korallen, welche theils frei sind, und sich in dieser Hinsicht den Polythalamien anschliessen, wie z. B. das so eben aufgeführte Genus *Orbitulites* und das Geschlecht *Lunulites;* theils sind sie sessil, indem sie entweder ästige Ueberzüge, oder blattartige Incrustationen auf anderen Körpern bilden, wie z. B. *Aulopora* und viele Arten von *Cellepora;* theils erheben sie sich von ihrem Anheftungspuncte aus in freien Lamellen oder breitgedrückten Verzweigungen, wie *Eschara* und andere Arten von *Cellepora*.

Die wichtigsten von diesen Thallopoden sind unstreitig die beiden Geschlechter *Cellepora* und *Eschara*, welche gewöhnlich als zarte Krusten ausgebildet, und sehr leicht dadurch zu unterscheiden sind, dass die Celleporen nur aus einer Zellenschicht bestehen, während die Escharen eine doppelte Zellenschicht besitzen. Die Zellenmündungen liegen daher bei *Cellepora* nur auf der einen Seite des krustenartigen Polypenstockes, während der Polypenstock jeder *Eschara* die Zellenmündungen auf beiden Seiten zeigt.

Nr. 35.



Der Holzschnitt Nr. 35 zeigt einige Thallopodenformen, nämlich:

Fig. 1. *Aulopora serpens*, in nat. Grösse, aus silurischem Kalkstein.
- 2. *Cellepora pyriformis*, *a* nat. Grösse, *b* stark vergrössert, aus der Kreide.
- 3. *Cellepora antiqua*, *a* nat. Grösse, *b* stark vergrössert, aus devonischem Kalkstein.
- 4. *Eschara Ehrenbergii*, *a* nat. Grösse, *b* vergrössert, *c* Querschnitt desgl. aus der Kreide.
- 5. *Eschara producta*, *a* nat. Grösse, *b* und *c* vergrössert, aus der Kreide.

c) Die dritte Ordnung der Bryozoen ist endlich die der Skleropoden, welche, eben so, wie die beiden vorhergehenden Ordnungen, grossentheils kleine und zierliche Korallen enthält. Die Zahl der Geschlechter ist nicht sehr gross, und einige der wichtigsten sind *Retepora*, *Fenestella* und *Ceriopora*, von welchen das letztere in einer grossen Menge von Species, namentlich in der Juraformation vorkommt.

Nr. 36.



In dem Holzschnitte Nr. 36 sind einige Skleropodenformen abgebildet.

Fig. 1. *Retepora Ferussacii*, *a* nat. Grösse, *b* vergrössert, tertiär von Paris.
- 2. . . . *cancellata*, *b* nat. Grösse, *a* vergrössert, aus der Kreide.
- 3. *Ceriopora flabellula*, in nat. Grösse und mit 8 Mal vergrösserten Poren, aus der Kreide.
- 4. *Ceriopora angulosa*, zweimal vergrössert, aus Jurakalk.
- 5. . . . *dichotoma*, in natürlicher Grösse und ein Theil der Oberfläche stark vergrössert, aus der Kreide von Maestricht.
- 6. . . . *madreporacea*, *a* in nat. Grösse, *b* vergrössert, ebend.

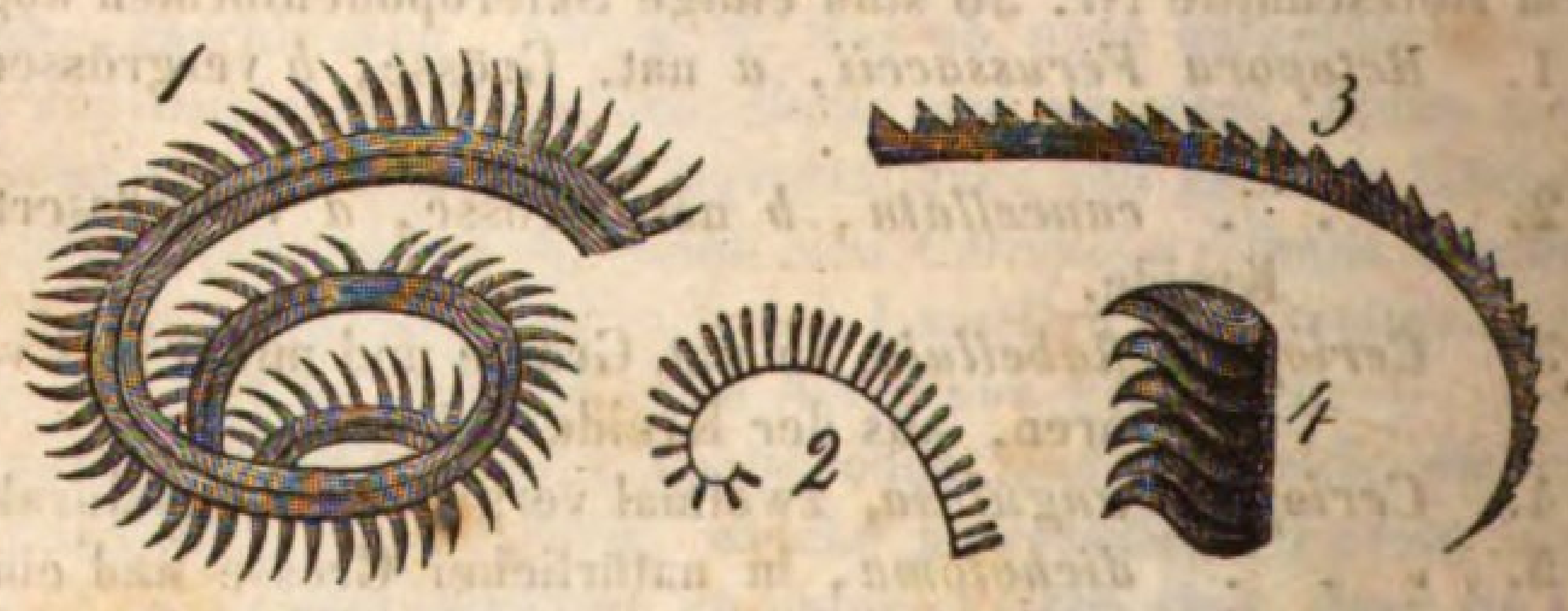
3) *Anthozoen* oder Blumenkorallen. Diese letzte und höchste Ordnung der Korallenthiere, auf welche sich auch zunächst die, oben S. 859

gegebene allgemeine Beschreibung bezieht, umfasst alle die grösseren Steinkorallen, welche eine so bedeutende Rolle in der Gebirgswelt spielen, indem sie die Korallenriffe, die Koralleninseln und die, oft in weit ausgedehnten Felsenreihen auftretenden älteren Korallenkalksteine bilden. Diese Thiere sind an bestimmte Temperaturen und Meerestiefen gebunden, indem sich die Madreporaceen, die Asträaceen und die Gemmiporiden, als die hauptsächlichen Erbauer der Korallenriffe, nur in solchen Meeresregionen zahlreich und kräftig entwickeln, deren Temperatur nicht unter 20° C. und deren Tiefe nicht über 20 Faden oder 120 Fuss beträgt, so dass es scheint, dass in grösseren Tiefen Druck und Dunkelheit ihrem gedeihlichen Wachsthume eine Gränze setzen.

Man kennt schon eine grosse Menge fossiler Familien und Geschlechter, von welchen letzteren wir nur *Chaetetes*, *Calamopora*, *Gorgonia*, *Graptolithus*, *Millepora*, *Porites*, *Heliopora*, *Catenipora* (oder *Halysites*), *Pleurodictyum*, *Syringopora*, *Astraea* (mit 178 Species), *Pavonia*, *Agaricia*, *Maeandrina*, *Lithostrotium*, *Cyathophyllum*, *Lithodendron*, *Caryophyllia*, *Anthophyllum*, *Turbinolia* und *Fungia* (oder *Cyclolithes*) als die wichtigsten namhaft machen wollen. Da es der Zweck und der Raum unsers Lehrbuches nicht gestattet, auf diese bereits in 400 fossilen Species bekannten Geschlechter näher einzugehen, so mögen wenigstens einige Formen in Bildern vorgeführt werden, um eine allgemeine Vorstellung von der verschiedenen Erscheinungsweise der fossilen Anthozoen zu geben.

Graptolithus ist ein, zwar zoologisch noch sehr räthselhaftes, aber geognostisch äusserst wichtiges Fossil, weil es bis jetzt nur in den ältesten Bildungen vorgekommen ist, und, als eine sehr leicht erkennbare Form, namentlich für die Silurformation im hohen Grade charakteristisch genannt werden muss. Im Allgemeinen erscheinen die Graptolithen als lineare, gerade oder gebogene, nach dem einen Ende verschmälerte, und auf der einen (convexen) Seite gezahnte Körper, von denen zuweilen zwei mit einander symmetrisch verbunden sind. Der Holzschnitt Nr. 37 giebt die Bilder einiger Graptolithen, wie sie besonders häufig in den Alaunschiefern und schwarzen Kieselschiefern, überhaupt in den kohligen Schiefern der Silurformation (z. B. in Sachsen und den angränzenden Ländern bei Langenstriegis, Ronneburg und Schleitz) meist als fast körperlose, aber oft durch einen weissen Anflug gefärbte Abdrücke vorkommen.

Nr. 37.



Einige sind spiralförmig gewunden, Fig. 1 und 2, andere einfach gebogen, Fig. 3, noch andere ganz gerad gestreckt; im Silurischen Kalksteine kommen auch geradgestreckte Species vor, welche mehr Körper haben, wie es das in Fig. 4 vergrössert dargestellte Fragment von G. Priodon zeigt. —

Man hat diese merkwürdigen, gewöhnlich in grosser Menge beisammen vorkommenden Fossilien seltsamer Weise in die Nähe der Orthoceratiten stellen wollen; Mather und Vanuxem hielten sie für Pflanzenreste, mit denen sie allerdings in der Erscheinungsweise ihrer Abdrücke, wo solche in kohligen Schiefern vorkommen, grosse Aehnlichkeit haben. Am wahrscheinlichsten ist wohl die Ansicht von Nilsson und Beck, dass es Hornkorallen, analog den Virgularien waren, deren Ueberreste in den Graptolithen vorliegen.

Um auch ein paar Beispiele von Steinkorallen vorzuführen, dazu mögen die folgenden beiden Holzschnitte, Nr. 38 und 39 dienen, von welchen der erstere vier Formen aus Ehrenbergs Abtheilung der Phytocorallien, der andere eben so viele Formen aus dessen Abtheil. der Zoocorallien zur Darstellung bringt.

Nr. 38.

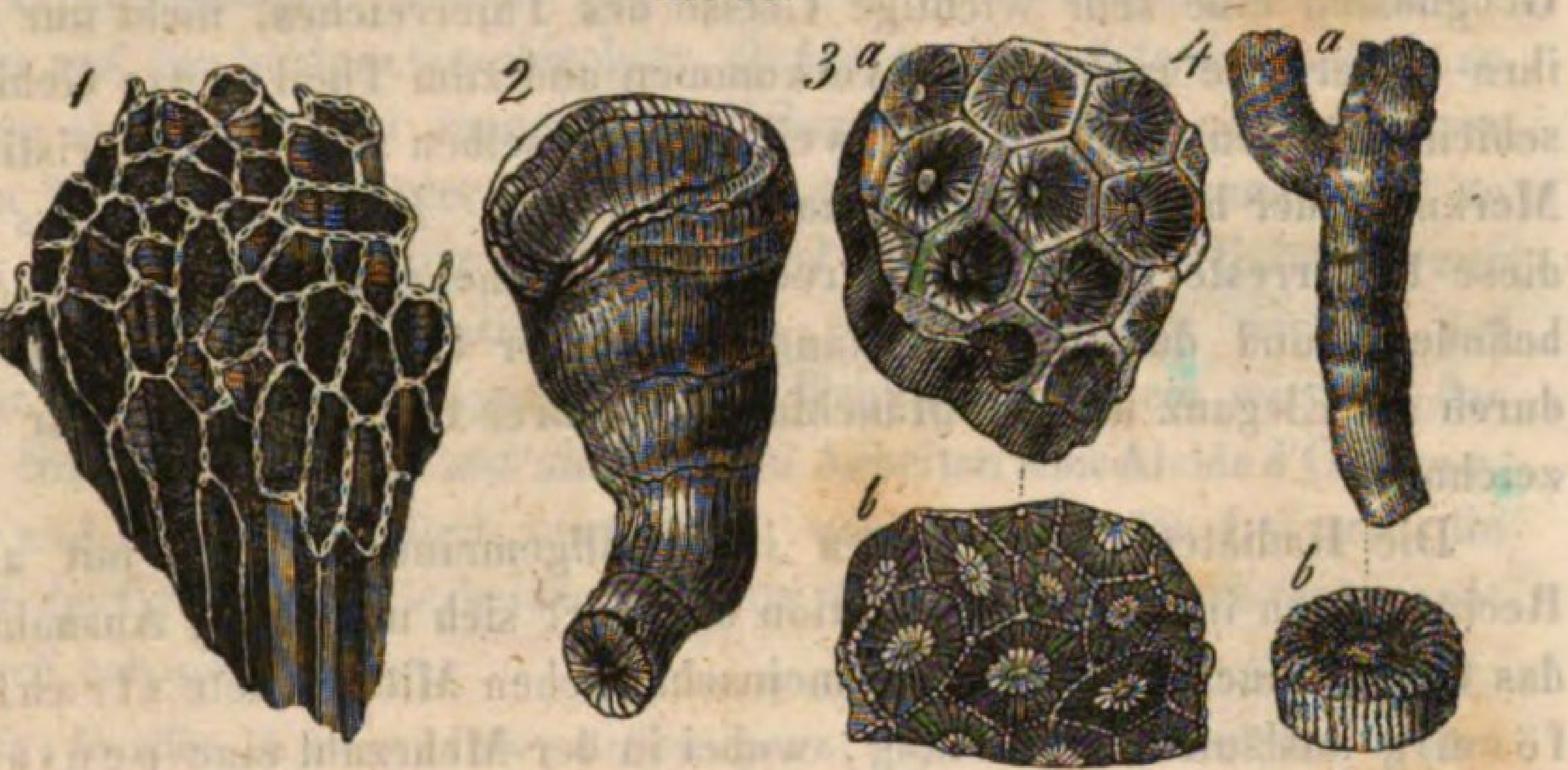


Fig. 1. *Catenipora* (oder *Halysites*) *escharoides;* eine für die Silurformation sehr charakteristische Koralle.
- 2. *Cyathophyllum turbinatum;* ebenfalls silurisch.
- 3. *Astraea ananas; a* natürliche Oberfläche mit den Sternzellen, *b* polirter Querschnitt.
- 4. *Caryophyllia* (oder *Cladocora*) *caespitosa; a* ein Stamm mit einem Seitensprosse, *b* eine Sternzelle; aus der Tertiärformation Siciliens.

Nr. 39.

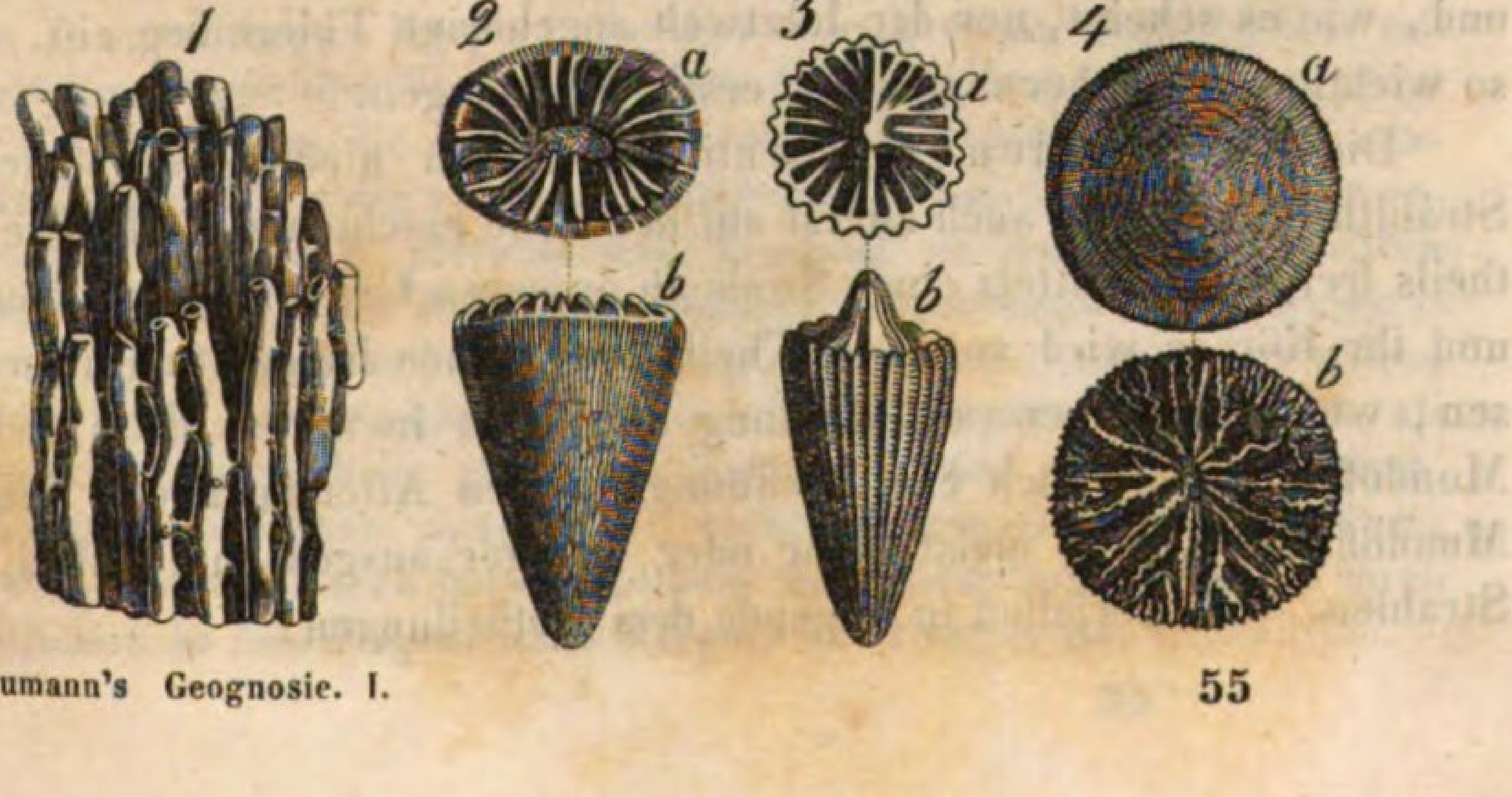


Fig. 1. *Syringopora catenata;* silurisch und devonisch.
- 2. *Turbinolia elliptica ; a* von oben, *b* von der Seite, aus der Pariser Tertiärformation.
- 3. *Turbinolia sulcata; a* von oben, *b* von der Seite, ebendaher.
- 4. *Fungia elegans; a* von unten, *b* von oben; aus der Subapenninischen Formation.

§. 230. *Radiaten oder Echinodermen.*

Die Radiaten (Strahlthiere) oder Echinodermen sind auch für den Geognosten eine sehr wichtige Classe des Thierreiches, nicht nur weil ihre Ueberreste recht häufig vorkommen und zum Theil ganze Gebirgsschichten bilden, sondern auch weil viele derselben sehr charakteristische Merkmale der betreffenden Formationen liefern. Dazu kommt, dass sich diese Ueberreste oft in einem recht vollkommenen Erhaltungszustande befinden, und durch die Beständigkeit ihrer Charaktere eben so wie durch die Eleganz und die Manchfaltigkeit ihrer Form und Sculptur auszeichnen.

Die Radiaten führen diesen ihren allgemeinen Namen mit allem Rechte, denn in ihrer Organisation offenbart sich mit wenig Ausnahmen das Gesetz einer, von einem gemeinschaftlichen Mittelpuncte strahlenförmig auslaufenden Bildung, wobei in der Mehrzahl eine pentagonale Symmetrie obwaltet, so dass die Zahl 5 und ihre Multipla eine besonders wichtige Rolle spielen. Mit dieser Organisation hängt aber auch die äussere Schalenbildung auf das Innigste zusammen, so dass die fossilen Schalen mit Sicherheit auf den Organismus zurückschliessen lassen.

Nach Agassiz zerfällt die Classe der Radiaten in die drei Ordnungen der Stelleriden, der Echiniden und der Holothuriden, welche letztere jedoch kein paläontologisches Interesse hat, da sie blos nackte und, wie es scheint, nur der Jetztwelt angehörige Thiere begreift. Um so wichtiger sind aber die beiden ersten Ordnungen.

Die Stelleriden repräsentiren die am niedrigsten stehenden Strahlthiere, welche auch zuerst auf der Erde erschienen sind. Sie sind theils frei, theils mittels eines Stiels an äusseren Gegenständen befestigt, und ihr Körper wird von zum Theil beweglichen Kalkplatten umschlossen, welche eine centrale Höhlung umgeben, in deren Mitte sich die Mundöffnung, oft auch eine Oeffnung für den After befindet. Um die Mundöffnung stehen meist mehr oder weniger ausgedehnte Arme, wie Strahlen. Sie zerfallen in folgende drei Abtheilungen:

1) Krinoiden; die Arme sind (wenn überhaupt vorhanden) sehr ausgebildet und sehr beweglich, stehen aber in einer weniger directen Verbindung mit den inneren Organen.

2) Ophiuren; die Arme sind noch sehr bestimmt vom Centralkörper getrennt, und bestehen aus Platten, welche sich innig an die Central-Cavität anschliessen.

3) Asterien; die Arme erscheinen nur als Vorsprünge der Central-Cavität.

Da nun die Ueberreste der Ophiuren und Asterien zu den minder häufig vorkommenden Fossilien gehören, von welchen übrigens auch die meisten auf die beiden Geschlechter *Ophiura* und *Asterias* selbst zu beziehen sind, während dagegen die Ueberreste der Krinoiden in einer grossen Manchfaltigkeit der Geschlechter und Arten vorkommen, oft zu ganzen Kalksteinlagern angehäuft sind, und nicht selten die Kriterien zur Unterscheidung der Formationen liefern; so beschränken wir uns auf folgende wenige Bemerkungen über die Krinoiden, indem wir für das nähere Studium derselben auf die neueren Arbeiten von Alcide d'Orbigny, Austin und Leopold v. Buch verweisen, von welchen der Letztere die Familie der Cystideen, die beiden ersteren die Krinoiden überhaupt monographisch behandelt haben.

Die fossilen Krinoiden stellen ganz sonderbare Thierformen dar, welche wesentlich aus einem kronen- oder blumenförmigen, bisweilen auch aus einem knospenförmigen oder kugeligen Körper bestehen, der aus vielen, sich immer feiner zertheilenden Gliedern, oder aus kleinen Täfelchen zusammengesetzt, und entweder ganz frei (wie z. B. *Solanocrinus* und *Comatula*), oder mittels eines Stieles angeheftet aber ohne armähnliche Fortsätze ist (wie z. B. *Echinocrinus*, *Echinosphaerites*, *Pentatrematites*), oder endlich, und diess ist der häufigste Fall, zugleich mit einem Stiele und mit armähnlichen Fortsätzen versehen ist, wie bei *Poteriocrinus*, *Encrinus*, *Pentacrinus*, *Platycrinus*, *Cyathocrinus*, *Actinocrinus*, *Apiocrinus* und anderen Geschlechtern.

Den kronenförmigen Körper, welcher wegen seiner Aehnlichkeit mit einer gestielten Blume den Namen Krinoiden (Seelilien) veranlasst hat, pflegt man den Kelch (besser die Krone) zu nennen; er ist meist vielfältig zusammengesetzt, eben so wie die von ihm auslaufenden Arme, welche sich in manchen Geschlechtern durch fortwährende Theilung zu äusserst complicirten Gliedmaassen ausbilden, so dass eine besondere Terminologie zur Unterscheidung aller dieser Glieder und Gliedchen eingeführt werden musste, auf welche wir uns hier nicht einlassen können. Wie wichtig übrigens diese Kronen, als die eigentlichen Haupttheile der Krinoidenkörper, sind, so kommen doch, namentlich die mit Armen versehenen, verhältnissmässig selten vollständig erhalten vor, wie diess auch bei so vielfältig zusammengesetzten und in ihren letzten Gliedern so fein ausgebildeten Körpern zu erwarten ist.

Weit häufiger begegnet man dem Stiele oder der Säule, als der Trägerin der Krone, so wie den Fragmenten und vereinzelten Gliedern derselben. Dieser Stiel ist nämlich aus scheibenförmigen oder kurz säulenförmigen, kreisrunden oder pentagonalen Gliedern zusammengesetzt, welche mit ihren Grundflächen in einander gelenkt oder gefügt, und in der Mitte von einem runden oder fünfkantigen Canale durchbohrt sind, welcher daher durch den ganzen Stiel hindurchläuft, und der Nahrungscanal genannt wird. Auf ihren Grundflächen, den sogenannten Gelenkflächen, zeigen diese Glieder eine gewöhnlich sehr zierliche Sculptur, welche bald an die Blätter einer fünfblättrigen Blumenkrone, bald an einen vielstrahligen Stern erinnert; an ihren Seitenflächen dagegen sind bei einigen Geschlechtern hier und da gegliederte Ranken oder sogenannte Hilfsarme angeheftet. Nach unten endigt der Stiel mit einer verdickten Basis, welche gleichsam den Wurzelstock desselben bildet.

Diese mitunter recht langen Säulen oder Stiele sind aber nach dem Tode der Thiere gewöhnlich in kleinere Stücke oder auch in ihre einzelnen Glieder zerfallen, und daher kommt es, dass man die vereinzelten Stielglieder und Stielfragmente (die sogenannten Trochiten und Entrochiten) so ausserordentlich häufig vorfindet. Sie pflegen, eben so wie die Kronen und deren Glieder, meistentheils in Kalkspath verwandelt zu sein, wobei sich die oben S. 827 erwähnte Symmetrie in der Stellung der einzelnen Kalkspath-Individuen zu erkennen giebt. Wenn also ein Kalkstein viele Krinoiden-Stielglieder eingesprengt enthält, so wird er durch Kalkspathkörner porphyrartig, und wenn er fast nur aus solchen Gliedern besteht, so wird er als krystallinisch grobkörniger Kalkstein erscheinen. — Bisweilen sind längere oder kürzere Stielstücke nur in ihren Steinkernen erhalten, welche meist aus dichtem Quarz oder Hornstein bestehen, und von dem Hohlabdrucke der äusseren Form umschlossen werden. Dergleichen Kerne hat man Schraubensteine genannt.

Zur Erläuterung mögen die nachfolgenden beiden Holzschnitte dienen, von welchen der erstere die Verhältnisse der Krone, der andere die des Stieles veranschaulichen soll.

Nr 40.

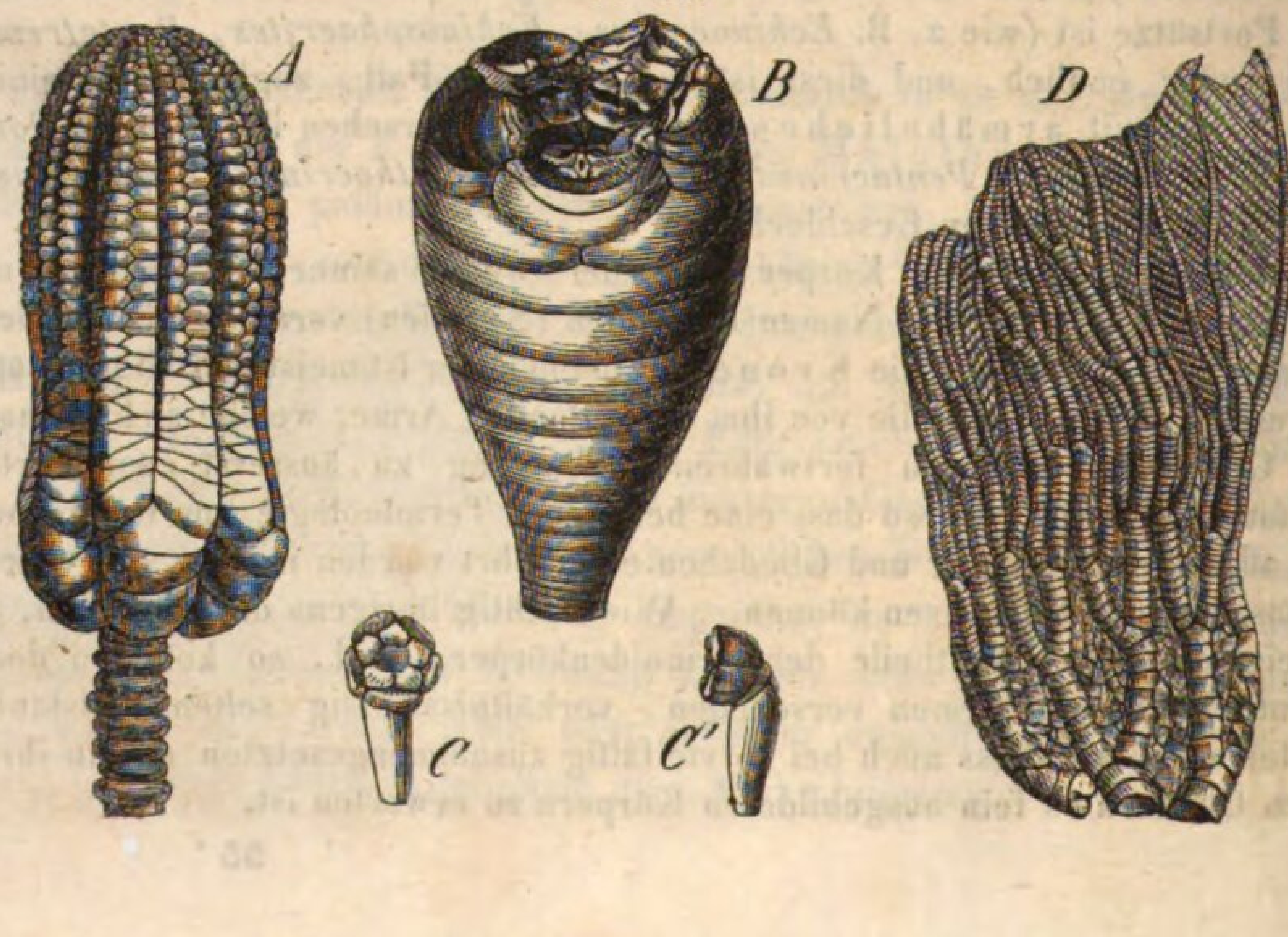


Fig. *A*, eine vollständige Krone nebst einem noch ansitzenden Stücke des Stieles von *Encrinus liliiformis*, einer für die Formation des Muschelkalkes äusserst charakteristischen Form.

Fig. *B*, ein Kelch mit dem oberen, kegelförmig verdickten Ende des Stieles von *Apiocrinus rotundus*, aus der Juraformation.

Fig. *C* und *C'* *Eugeniacrinus nutans* aus dem Jurakalkstein, von vorn und von der Seite; man sieht den schief angesetzten Kelch und das oberste säulenförmige Glied des Stieles.

Fig. *D*, der etwas verdrückte und aufwärts verbrochene obere Theil einer Krone von *Pentacrinus Briareus*, zur Veranschaulichung der äusserst vielfältigen Zusammensetzung der Krone dieser Species welche nicht mit Unrecht nach dem hundertarmigen Giganten benannt worden ist.

Nr. 41.

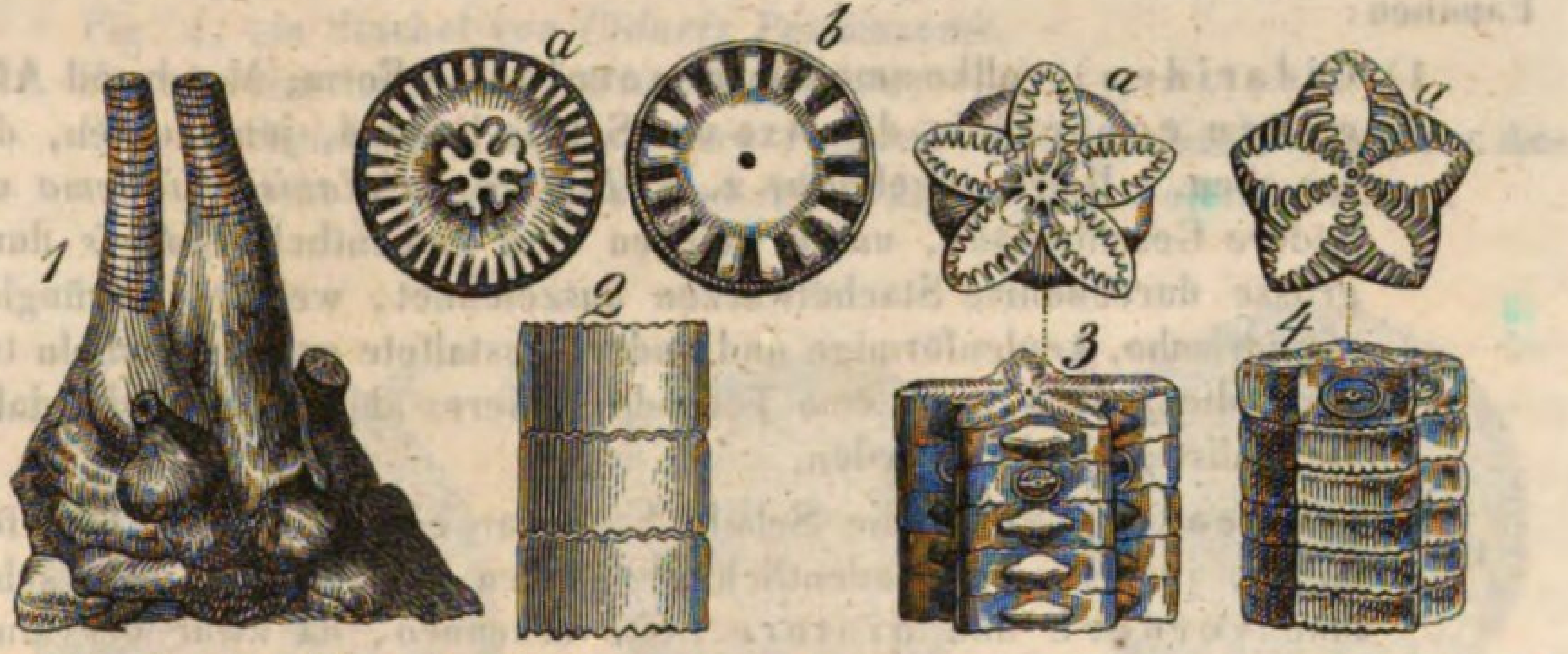


Fig. 1, ein Wurzelstock von *Apiocrinus rotundus*, an welchem zwei grössere und zwei kleinere Basalstücke von Stielen zu sehen sind.

Fig. 2, ein dreigliederiges Stielstück von *Encrinus liliiformis* in der Seitenansicht; die beiden darüberstehenden Figuren *a* und *b* zeigen die Gelenkflächen zweier aus verschiedenen Regionen des Stieles stammenden Glieder mit ihrer verschiedenen sternförmigen Sculptur, welche zur gegenseitigen Einlenkung dient.

Fig. 3, ein fünfgliederiges Stielstück von *Pentacrinus scalaris* in der Seitenansicht; das eine Glied zeigt die Gelenkgruben für die Anheftung von Hilfsarmen, Fig. 3 *a* hingegen die Gelenkfläche eines Stielgliedes mit der blumenähnlichen Sculptur.

Fig. 4, ein sechsgliederiges Stielstück von *Pentacrinus basaltiformis*; das oberste Glied zeigt Gelenknarben für die Anheftung von Hilfsarmen, Fig. 4 *a* die Gelenkfläche eines Stielgliedes mit der blumenähnlichen Sculptur.

Die Echiniden besitzen eine vollkommen geschlossene, sphäroidische, halbkugelige, halbeiförmige oder scheibenförmige, oft nach einer Richtung verlängerte Schale, welche aus lauter pentagonalen Täfelchen oder Platten zusammengesetzt ist, und zwei grössere

Oeffnungen, nämlich die Mundöffnung und die Afteröffnung hat, von denen jene stets auf der Unterseite liegt, während diese eine sehr verschiedene Lage zeigt. Die Schalenplatten sind stets in 20, vom Gipfel der Schale nach der Mundöffnung laufende Reihen dergestalt geordnet, dass 5 breitere mit 5 schmäleren Reihenpaaren abwechseln, welche letztere mit einer einfachen oder doppelten Reihe von kleinen Löchern versehen sind, durch welche das Thier Tentakeln herausstreckte. Die Oberfläche der Schale ist mit ganz kleinen Warzen besetzt, an welchen im lebenden Zustande kleine Stacheln sitzen; ausserdem haben noch gewisse Cidariden grössere Warzen mit grösseren Stacheln. Platten von einer besonderen Beschaffenheit umgeben die Mundöffnung.

Nach Agassiz zerfällt die Ordnung der Echiniden in folgende drei Familien:

1) Cidariden; vollkommen symmetrische Form, Mund und After genau central in der Axe der Schale liegend, jener unten, dieser oben. Hierher gehören z. B. *Echinus*, *Cidaris*, *Diadema* und andere Geschlechter, unter welchen sich namentlich *Cidaris* durch grosse durchbohrte Stachelwarzen auszeichnet, welche ursprünglich cylindrische, keulenförmige und anders gestaltete grosse Stacheln trugen, die jedoch nach dem Tode des Thieres abgefallen sind, daher sie isolirt gefunden werden.

2) Clypeastroiden; die Schale hat zwar einen ungefähr kreisförmigen, jedoch verschiedentlich gestalteten Umfang, und lässt schon eine vordere und hintere Seite erkennen, da zwar der Mund central oder fast central ist, der After aber seitwärts, entweder nach unten, oder nach oben, oder am Rande liegt. Es gehören hierher z. B. die Geschlechter *Clypeaster*, *Galerites*, *Scutella*, *Cassidula*, *Nucleolites* u. a.

3) Spatangoiden; die Längsaxe (und die Bilateral-Symmetrie) der ganzen Form tritt noch weit bestimmter hervor, indem die Schale auffallend verlängert ist, und der Mund an dem einen vorderen Ende, der After am hinteren Ende entweder oben, unten oder im Rande liegt. *Spatangus* und *Ananchytes* sind ein paar Geschlechter dieser Familie.

Die Ueberreste dieser Echiniden kommen besonders auf folgende Art vor. Zuvörderst ist die versteinerte Schale selbst sehr häufig in ziemlicher Vollständigkeit erhalten, und dann oft in Kalkspath umgewandelt, wobei die S. 827 erwähnte Stellung der Kalkspath-Individuen Statt zu finden pflegt; doch finden sich auch nicht selten grössere und kleinere Fragmente der Schale. Dann sind Steinkerne, also Abgüsse des inneren Schalenraumes, eine häufige Erscheinung, welche oft durch Flint oder Hornstein gebildet werden, und nicht selten mit der versteinerten Schale verbunden sind. Von dem Geschlechte *Cidaris* endlich kommen häufig die isolirten Stacheln vor, die gewöhnlich in Kalkspath verwandelt sind.

Nr. 42.

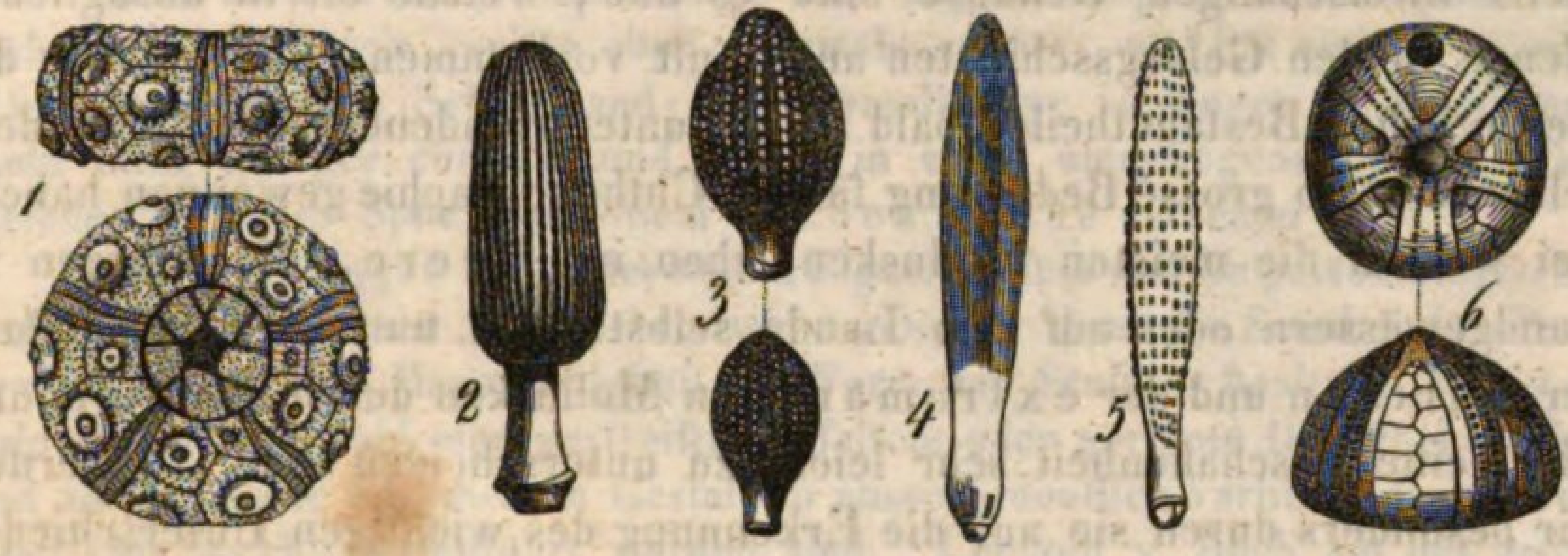


Fig. 1, *Cidaris coronata*, aus dem Jurakalke; Seitenansicht und Grundansicht von unten mit der Mundöffnung.
Fig. 2, ein Stachel von einem grösseren Exemplare von *Cidaris coronata*.
Fig. 3, zwei Stacheln von *Cidaris clavigera*, aus dem Pläner.
Fig. 4, ein Stachel von *Cidaris Parkinsonii*.
Fig. 5, ein Stachel von *Cidaris cretosa*.
Fig. 6, Steinkern von *Galerites vulgaris* aus der Kreide; untere Ansicht mit der Mund- und Afteröffnung, und Seitenansicht.

Nr. 43.

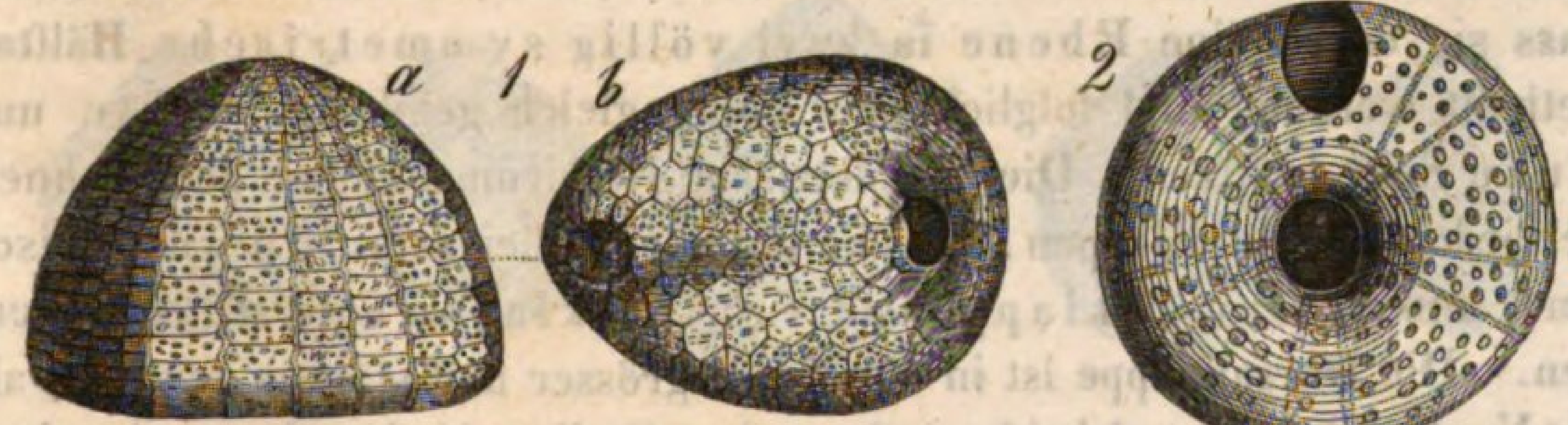


Fig. 1. *Ananchytes ovatus*; *a* Seitenansicht, *b* Ansicht der Unterseite mit der Mund- und Afteröffnung; aus der Kreide.
Fig. 2. *Galerites depressus*; Unterseite mit beiden Oeffnungen, aus dem Jurakalk.

§. 231. *Mollusken. Brachiopoden, Conchiferen, Gasteropoden.*

Wenn schon die beiden Classen der Corallen und Radiaten eine grosse geognostische Bedeutung haben, so gilt diess in noch weit höherem Maasse von der Classe der Mollusken, deren Ueberreste als vorzüglich leitende Merkmale bei der Bestimmung und Unterscheidung der Formationen zu betrachten sind.

Der weiche fleischige Körper der Mollusken wird von einem häutigen Mantel umgeben, welcher bei den meisten derselben kohlensauren Kalk ausscheidet, und so die Bildung von Schalgehäusen vermittelt, durch welche diese Thiere so ausgezeichnet sind. Diese theils einschaligen,

theils zweischaligen Gehäuse sind es nun, welche oft in unsaglicher Menge in den Gebirgsschichten angehäuft vorkommen, und bald als die wesentlichen Bestandtheile, bald als die unterscheidenden Merkmale derselben eine so grosse Bedeutung für die Chthonographie gewonnen haben. Bei weitem die meisten Mollusken leben im Meere, die übrigen in Landgewässern oder auf dem Lande selbst. Da nun die Schalgehäuse der marinen und der extramarinen Mollusken durch ihre Form und allgemeine Beschaffenheit sehr leicht zu unterscheiden sind, so werden wir besonders durch sie auf die Erkennung des wichtigen Unterschiedes der marinen und der limnischen Formationen geleitet.

Die äusserst zahlreiche Classe der Mollusken lässt sich in die fünf Ordnungen der Brachiopoden, Conchiferen, Pteropoden, Gasteropoden und Cephalopoden eintheilen, von welchen die beiden ersteren kopflose Thiere (Acephalen), die drei letzteren dagegen mit einem Kopfe versehene Thiere (Cephalophoren) begreifen.

I. *Brachiopoden.* Diese Thiere haben zweiklappige Schalen, welche sich aber von denen der Conchiferen dadurch unterscheiden, dass sie durch eine Ebene in zwei völlig symmetrische Hälften getheilt werden, und folglich eine völlig gleich gebildete rechte und linke Seite besitzen. Die symmetrische Halbirungs-Ebene durchschneidet jedoch beide Klappen, welche unter einander selbst unsymmetrisch sind, und als Dorsalklappe und Ventralklappe unterschieden werden. Die Dorsalklappe ist in der Regel grösser und stärker gewölbt, als die Ventralklappe, und beide sind an einer Stelle mit einander verbunden, welche Verbindungsstelle das Schloss, so wie der zunächst anliegende Theil des Schalenrandes der Schlossrand genannt wird.

Die beiden Klappen sind am Schlosse entweder mit einer besonderen Einlenkung versehen, oder nicht, und diess benutzt Deshayes als Argument für die erste Eintheilung der Brachiopoden in solche mit articulirtem und mit nicht articulirtem Schlosse. In der ersten, zahlreicheren Abtheilung ist die Ventralklappe nach aussen entweder convex (wie die Dorsalklappe), oder concav; sie ist also mit der Dorsalklappe entweder widersinnig oder gleichsinnig gekrümmt, was nach Verneuil eine weitere Eintheilung begründet.

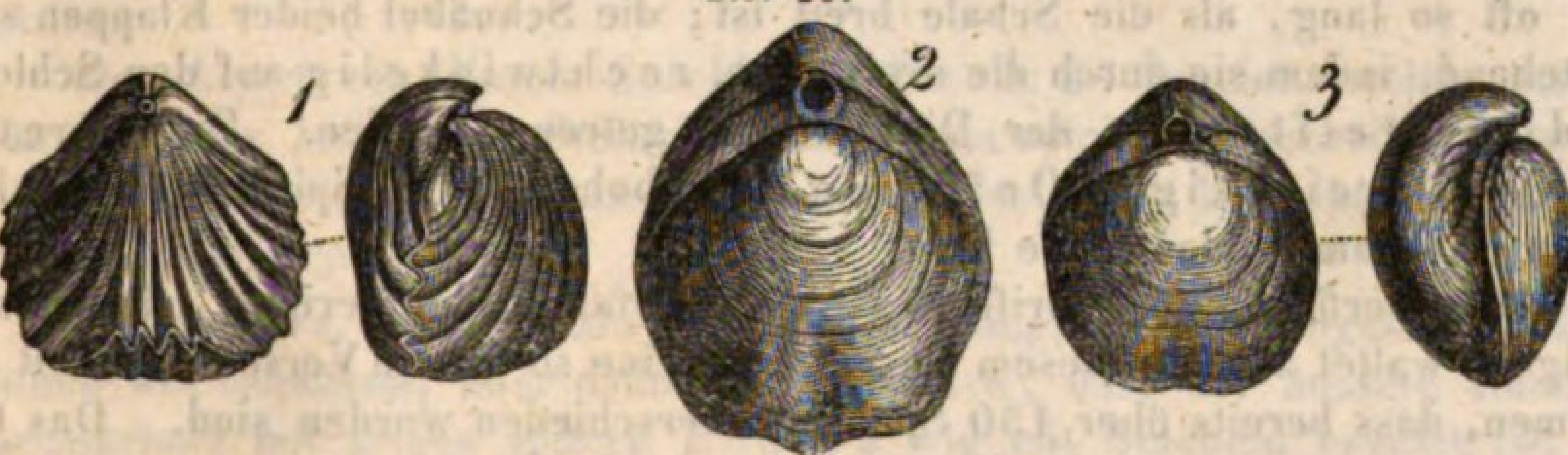
A) Brachiopoden mit articulirtem Schlosse.

1) Die Ventralklappe ist nach aussen convex, wie die Dorsalklappe; hierher gehören die wichtigen Geschlechter *Terebratula*, *Stringocephalus*, *Pentamerus*, *Spirifer* und *Orthis*, welche wir in aller Kürze an nachstehenden Bildern erläutern wollen.

Terebratula. Gleichseitige aber ungleichklappige Schale; die Ventralschale ist convex, selten eben, niemals concav, und hat einen krummlinig verlaufenden Schlossrand; die Dorsalklappe ist länger als die andere, mehr oder weniger convex, und endigt in einen umgebogenen Schnabel, welcher an seiner Spitze mit einem runden Loche versehen ist.

Indem wir wegen der anderweiten Eigenschaften auf die paläontologischen Lehrbücher verweisen, bemerken wir nur noch, dass die Schalen der Terebrateln eine grosse Mannchfaltigkeit der Form und Sculptur besitzen, indem sie bald eine glatte, bald eine gestreifte, gefaltete oder gerippte Oberfläche haben und auch in ihrer allgemeinen Gestalt so ausserordentlich variiren, dass bereits über 400 Species aufgeführt worden sind. Leopold v. Buch hat das grosse Verdienst, in dieses Chaos von Formen zuerst eine systematische Ordnung gebracht zu haben, indem er die Terebrateln nach gewissen wesentlichen Merkmalen in natürliche Familien gruppirte. Erwähnenswerth ist noch der merkwürdige histologische Unterschied, dass die Schale der glatten Terebrateln mit feinen Poren oder Puncten versehen ist, während die der übrigen eine fadigfasrige Structur zu haben pflegt. Uebrigens finden sich die Terebrateln in allen Formationen, jedoch so, dass in jeder Formation besondere Species auftreten.

Nr. 44.



Der vorstehende Holzschnitt giebt in Fig. 1 die Vorder- und Seitenansicht von *Terebratula rimosa*, in Fig. 2 die Vorderansicht von *T. biplicata*, und in Fig. 3 die Vorder- und Seitenansicht von *T. impressa*.

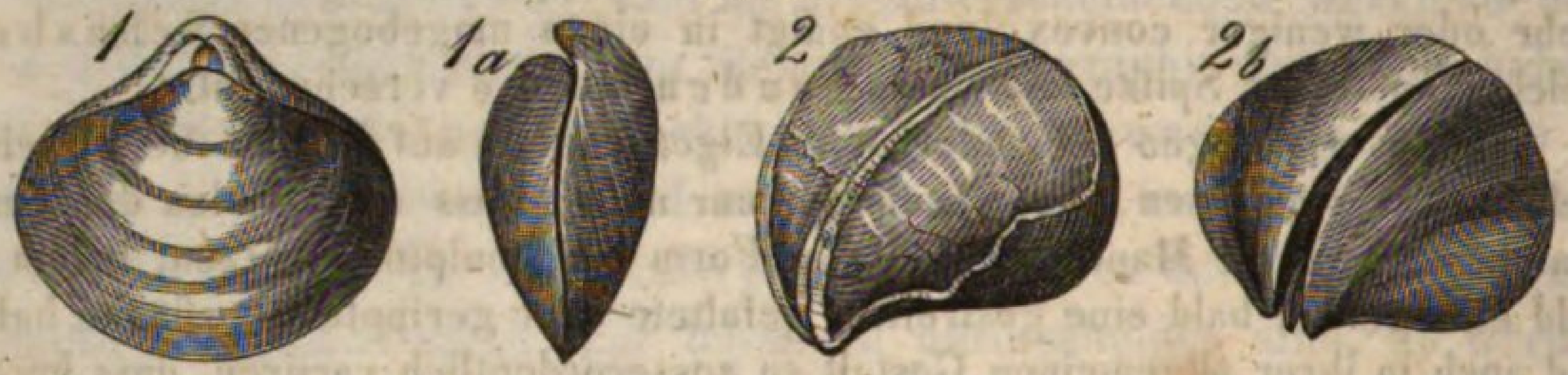
Stringocephalus. Dieses, bis jetzt nur in einer, für die devonische Formation sehr charakteristischen Species (*S. Burtini*) bekannte Geschlecht, steht mitten zwischen *Terebratula* und *Pentamerus;* äusserlich erscheint die Schale mit den Merkmalen einer Terebratel, aber innerlich nähert sie sich der Schale von Pentamerus, indem die Dorsalklappe mit einer Scheidewand versehen ist, welche von zwei starken und breiten Apophysen der Ventralklappe wie von einer Zange umschlossen wird.

Pentamerus. Die Dorsalklappe ist stets grösser als die Ventralklappe, und endigt in einen mehr oder weniger vorwärts gebogenen, spitzen, nicht durchbohrten Schnabel; sie ist aber dicht am Schlossrande der Ventralklappe mit einer dreieckigen Oeffnung versehen, welche oft durch den Schnabel der Ventralklappe verdeckt wird; diese letztere hat einen krummlinig verlaufenden Schlossrand. Innerlich trägt die Dorsalklappe eine Doppel-Lamelle, welche sie symmetrisch in zwei Kammern theilt, und beiderseits von einer schief aufsteigenden Lamelle begleitet wird; die Ventralklappe trägt einen ähnlichen Apparat.

Man kennt bereits 15 verschiedene Species, deren z. Th. ziemlich grosse

Schalen theils glatt, theils longitudinal gestreift oder gefaltet sind; fast alle sind sie charakteristisch für die Silurformation.

Nr. 45.



Der Holzschnitt Nr. 45 stellt in Fig. 1 und 1 *a* die Vorder- und Seitenansicht von *Stringocephalus Burtini*, in Fig. 2 einen, zum Theil noch mit der Schale versehenen, in Fig. 2 *b* einen ganz ausgeschälten Steinkern von *Pentamerus laevis* dar, an welchem die Doppel-Lamelle der Dorsalklappe und die in den Steinkernen ihr entsprechende Fuge sichtbar ist.

Spirifer. Die gleichseitige aber ungleichklappige Schale ist meist breiter als lang; die Dorsalklappe, grösser und stärker gewölbt als die Ventralklappe, ist vom Schnabel bis an ihr Ende durch einen rinnenartigen Sinus vertieft, welchem auf der Ventralklappe eine longitudinale Wulst entspricht. Der Schlossrand der Ventralklappe ist geradlinig und oft so lang, als die Schale breit ist; die Schnäbel beider Klappen sind abstehend, indem sie durch die dreiseitige, rechtwinkelig auf den Schlossrand gestreifte Area der Dorsalklappe getrennt werden. Diese Area ist von einer dreieckigen Oeffnung durchbohrt, deren Spitze im Schnabel, deren Basis am Schlossrande liegt.

Die Oberfläche der Spiriferen ist meist gefaltet oder gerippt, selten glatt; übrigens waltet auch in diesem Geschlechte eine so grosse Verschiedenheit der Formen, dass bereits über 150 Species unterschieden worden sind. Das Genus reicht überhaupt aus der Silurformation bis in die Liasformation, tritt aber mit der grössten Anzahl von Species in der Steinkohlenformation (paralischer oder thalassischer Bildung) so wie in der devonischen Formation auf.

In dem Holzschnitte Nr. 46 stellt Fig. 1 *Spirifer undulatus* aus dem Zechsteine, und Fig. 2 *Sp. glaber* aus dem Kohlenkalksteine vor.

Nr. 46.



Orthis. Die gleichseitige aber ungleichklappige Schale ist nicht breiter als lang, oft fast kreisförmig; die Dorsalklappe ist gewölbt, selten eben, und in ihrer Mittellinie nicht rinnenartig vertieft, wogegen die stets mehr oder weniger convexe Ventralklappe mit einem flachen Sinus versehen ist. Der Schlossrand ist gerade, und selten so lang, als die Schale breit ist; die Schnäbel beider Klappen sind oft einwärts gebogen, die Area der Dorsalklappe erscheint deutlich und von einer kleinen dreieckigen

Oeffnung durchbohrt, welche oft von einem kleinen dreiseitigen Schalenstücke (dem Deltidium) oder vom Schnabel der Ventralklappe geschlossen wird. Die Oberfläche der Schale ist stets radial gestreift, niemals glatt. — Fig. 3 im Holzschnitte Nr. 46 zeigt das Bild von *Orthis orbicularis*, und zwar 3 *a* die Ventralseite, 3 *b* die Dorsalseite.

Man unterscheidet bereits über 120 Species von Orthis, welche ganz vorzüglich in der silurischen und devonischen Formation zu Hause sind; in der Steinkohlenformation kennt man nur 7, in der Permischen Formation nur 3 Species, und weiterhin fehlen sie gänzlich.

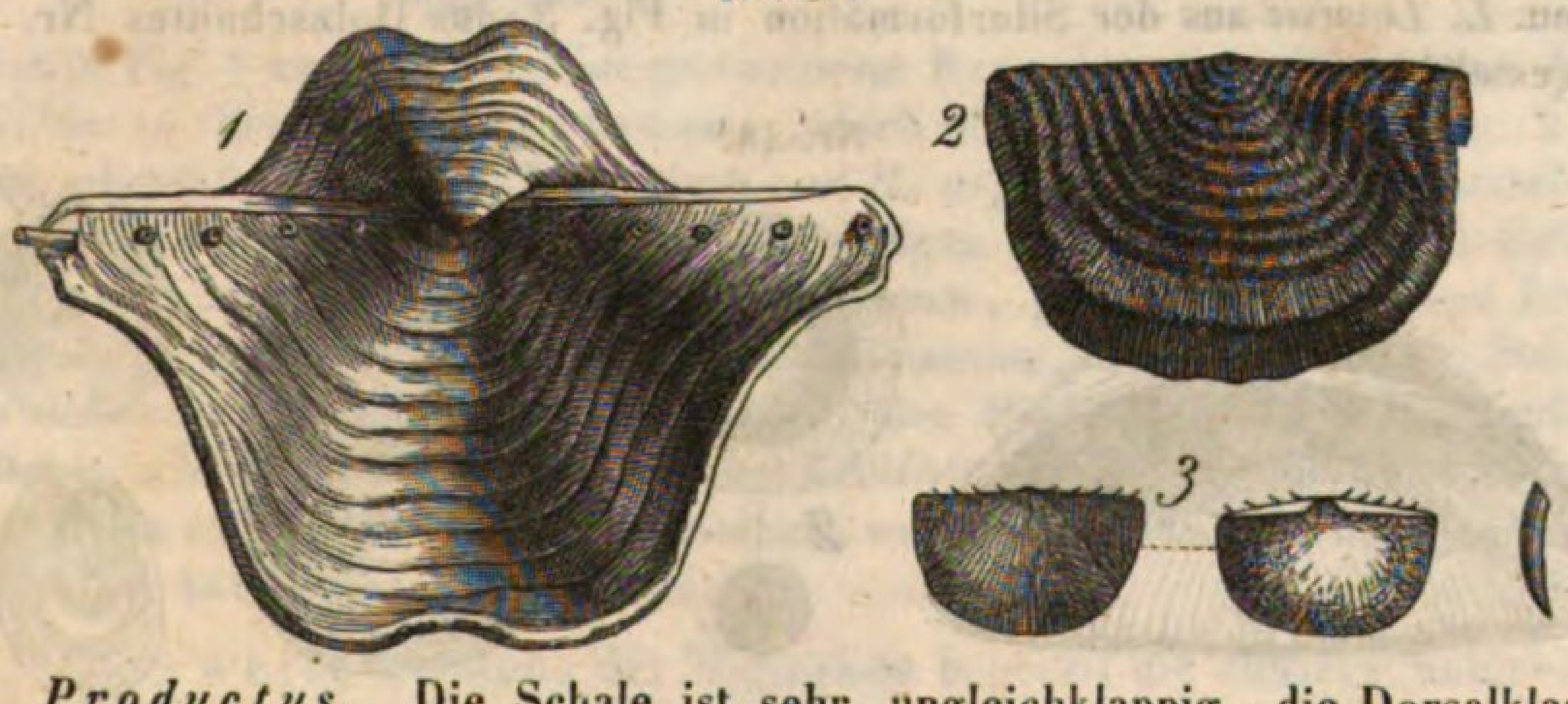
2) Die Ventralklappe ist nach aussen concav, also gleichsinnig gekrümmt mit der Dorsalklappe; zu dieser Abtheilung gehören *Leptaena*, *Chonetes* und *Productus*.

Leptaena. Die Dorsalklappe ist mehr oder weniger convex, bisweilen knieförmig gebogen und mit ihrem Rande producirt, weshalb die concave Ventralklappe von ihr gleichsam umschlossen wird. Der Schnabel ist niedergedrückt, der Schlossrand gerade, so lang als die Schale breit ist, oft fein gezahnt; die Area schmal, mit scharfen fast parallelen Rändern, und mit einer dreieckigen oder lanzettförmigen Oeffnung versehen, welche durch ein Deltidium geschlossen wird. Die Oberfläche der Schale ist meist fadenartig gestreift, niemals stachelig, die Innenfläche derselben gekörnt.

Man kennt von diesem Geschlechte bereits 34 Species, welche aus der Silurformation bis in die Steinkohlenformation reichen, oberhalb welcher sie verschwinden. Fig. 2 im Holzschnitte Nr. 47 zeigt das Bild der Dorsalklappe von *Leptaena depressa*.

Chonetes. Die Schale ist breiter als lang, in ihrer allgemeinen Form ähnlich wie Leptaena, aber dadurch verschieden, dass der äussere Rand der Dorsalschale mit feinen spitzen Röhren wie mit Stacheln besetzt ist, wie diess Fig. 3 im Holzschnitte Nr. 47 darstellt, wo die Dorsalklappe einer Species von aussen und von innen, auch daneben noch die Profilansicht derselben zu sehen ist. De Koninck giebt 23 Species an, welche grösstentheils in der Steinkohlenformation und devonischen Formation vorkommen.

Nr. 47.



Productus. Die Schale ist sehr ungleichklappig, die Dorsalklappe zumal in der Schnabelgegend stark convex, weiterhin knieförmig gebogen oder steil abfallend, gleichsam in eine Schleppe producirt, der Schnabel ohne

Durchbohrung; die Ventralklappe deckelförmig, mehr oder weniger concav; das Schloss geradlinig, ohne Area. Die Oberfläche der Schale ist glatt oder dicht gestreift, und mit zerstreuten oft sehr langen hohlen Stacheln besetzt, die Innenfläche gekörnt. — Fig. 1 im Holzschnitte Nr. 47 zeigt ein Exemplar von *Productus horridus* von der Ventralseite, wo man besonders die Concavität der Ventralklappe erkennt.

De Koninck giebt in seiner Monographie 62 Species von Productus an, von welchen 47 der Steinkohlenformation, 10 der Permischen, 4 der Devonischen Formation angehören und nur eine im Muschelkalk von St. Cassian vorkommt. Das Genus ist daher ganz vorzüglich charakteristisch für die beiden zuerst genannten Formationen, und nachher so gut wie völlig ausgestorben.

Noch ist in dieser Abtheilung das ganz abweichend und seltsam gestaltete Geschlecht *Calceola* zu erwähnen, dessen grössere Klappe wie das vordere Ende eines Pantoffels erscheint, während die kleinere Klappe die Mündung derselben wie ein flacher Deckel verschliesst. Fig. 1 im Holzschnitte Nr. 48 zeigt die grössere Klappe von *Calceola sandalina*, einer für die Devonische Formation sehr charakteristischen Form.

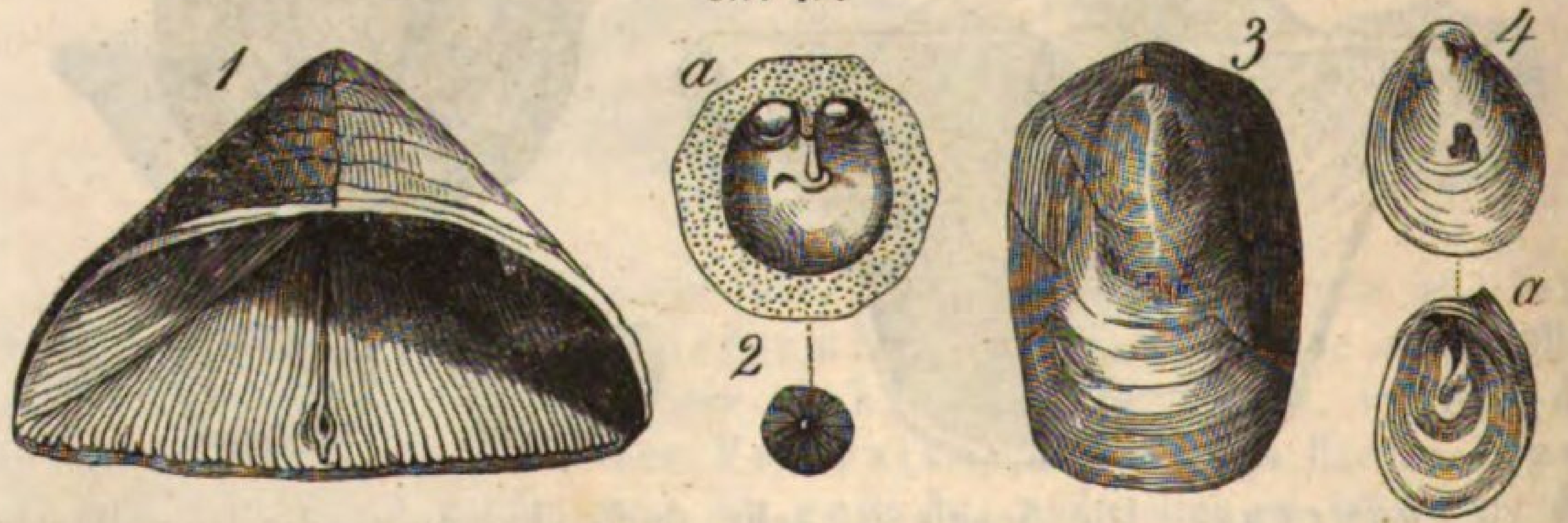
B) Brachiopoden mit nicht articulirtem Schlosse.

Dahin gehören die Geschlechter *Crania, Lingula, Orbicula* und *Obolus*.

Crania. Dieses Genus hat kleine, ungleichklappige fast kreisrunde Schalen; die Unterklappe ist meist aufgewachsen, die Oberklappe flach kegelförmig; im Innern sind beide Klappen nahe am Schlossrande mit zwei runden Muskeleindrücken versehen, zwischen welchen eine Leiste herabläuft, an deren Ende sich abermals ein paar Eindrücke befinden, so dass das Ganze fast wie eine Larve erscheint. Man kennt über 30 Species, davon die meisten in der Kreide- und Juraformation. Fig. 2 im Holzschnitte Nr. 48 zeigt oben bei *a* die Innenseite der Unterklappe von *Crania larva* dreimal vergrössert, darunter die Aussenseite der Oberklappe in natürlicher Grösse.

Lingula. Die sehr dünne Schale ist gleichklappig, länglich oval, am Schlosse etwas zugespitzt und daselbst klaffend für den Austritt eines Heftbandes; man kennt zumal in den älteren Formationen schon über 30 Species, von denen *L. Lewisii* aus der Silurformation in Fig. 3 des Holzschnittes Nr. 48 dargestellt ist.

Nr. 48.



Orbicula. Schale kreisförmig oder oval; Unterklappe sehr dünn, flach und mit einem länglichen Ausschnitte versehen; Oberklappe flach kegel-

förmig oder napfförmig. Ueber 30 Species, grossentheils in älteren Formationen. Der Holzschnitt Nr. 48 giebt in Fig. 4 das Bild von *Orbicula reflexa* aus der Juraformation, von oben und unten gesehen.

Obolus endlich hat im Innern viele Aehnlichkeit mit *Crania*, befestigte sich aber wie *Lingula* durch ein am Schlossrande austretendes Ligament an äusseren Gegenständen. Die vier bekannten Species finden sich nur in der Silurformation.

Als eine, zwar ihrer zoologischen Stellung nach etwas zweifelhafte, aber in geognostischer Hinsicht äusserst wichtige Gruppe ist zwischen die Brachiopoden und Conchiferen noch die Familie der Rudisten einzuschalten, zu welcher auch bisweilen *Orbicula* und *Crania* gerechnet werden. Diese kleine Familie, welche besonders die Geschlechter *Hippurites*, *Sphaerulithes*, *Radiolites* und *Caprina* begreift, ist völlig ausgestorben, daher man auch über ihre Organisation nur Vermuthungen aufstellen kann, und selbst über ihre Stellung im Thierreiche noch nicht ganz einig ist.

Die Hippuriten haben zweischalige, sehr ungleichklappige Gehäuse. Die untere, grössere, aufgewachsene Schale ist meist umgekehrt kegelförmig oder cylindrisch, und zeigt äusserlich zwei bis drei Längsfurchen, welchen innerlich eben so viele vorspringende Längsleisten entsprechen; die obere, kleinere Schale bildet auf der ersteren nur eine Art von Deckel, und ist theils flach, theils stumpf kegelförmig. Der Holzschnitt

Nr. 49.



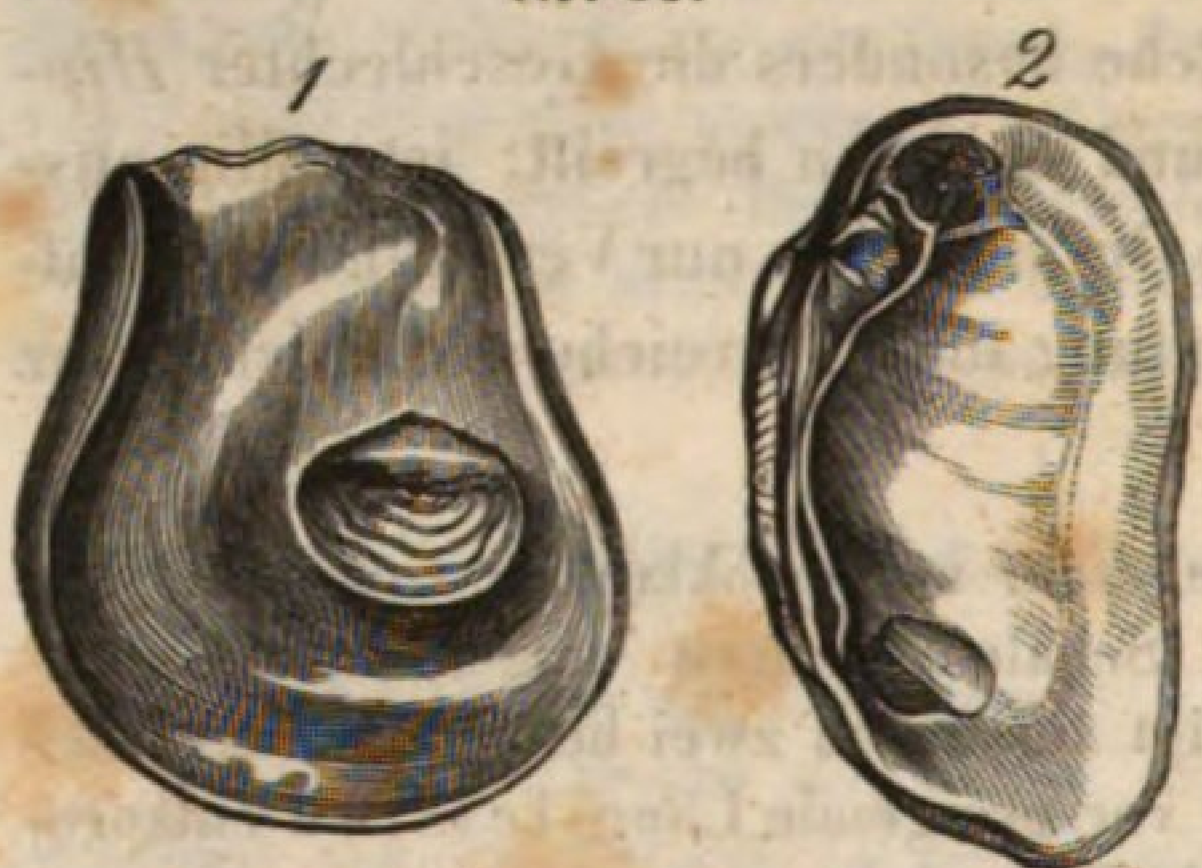
zeigt in Fig. 1 zwei an einander gewachsene Exemplare von *Hippurites Mortoni* in $1/7$ ihrer natürlichen Grösse, jedoch ohne Deckel, und in Fig. 2 ein paar, ebenfalls deckellose Exemplare von *H. organisans*. — Die versteinerten Schalen dieser Hippuriten und der übrigen Rudisten finden sich lediglich, aber meist in erstaunlicher Menge beisammen, ganze Schichten und Bänke bildend, in der Süd-Europäischen Kreideformation, deren betreffende Schichten daher gewöhnlich unter dem Namen der Hippuritenschichten aufgeführt werden. Weder vor noch nach der Kreideformation ist bis jetzt eine Spur von diesen räthselhaften Thieren entdeckt worden, welche demnach für diese Formation höchst bezeichnend sind.

Die zweite Ordnung der Mollusken begreift die äusserst zahlreiche Abtheilung der Conchiferen oder Muscheln, von denen an gegenwärtigem Orte nur eine ganz allgemeine Uebersicht gegeben werden

kann, da bereits über 4800 fossile Species in 174 verschiedenen Geschlechtern bekannt sind.

Der gallertartig-fleischige Körper dieser Conchiferen wird von einem zweilappigen häutigen Mantel umgeben, welcher kohlensauren Kalk aussondert, und dadurch die Bildung einer zweiklappigen Schale bewirkt. Beide Klappen der Schale sind an einer Stelle mit einander verbunden, welche Verbindungsstelle das Schloss genannt wird. Die Verbindung selbst wird meist durch einige kleine, in einander gefügte Protuberanzen der inneren Schalenwand, die sogenannten Schlosszähne, so wie durch ein elastisches sehnenartiges Ligament hergestellt, welches die Schale zum Aufklaffen bringt. Das Schliessen der Schale bewirkt das Thier durch transversale, sehr starke Muskeln, welche gewöhnlich entweder einfach oder doppelt vorhanden sind, und deren Insertionsstellen sich an der Innenseite der Schale sehr deutlich durch rundliche Eindrücke zu erkennen geben, welche man daher Muskeleindrücke nennt. Je nachdem nun nur ein oder zwei solcher Muskeleindrücke vorhanden sind, unterscheidet man die Conchiferen als monomyare und dimyare Muscheln. Der Holzschnitt Nr. 50 zeigt in Fig. 1 die Innenseite einer monomyaren, in Fig. 2 die Innenseite einer dimyaren Muschel.

Nr. 50.



Ausser diesen Muskeleindrücken bemerkt man noch mehr oder weniger deutlich in jeder Klappe einen krummlinig verlaufenden Eindruck, welcher von dem Rande des Mantels herrührt, und daher der Manteleindruck genannt wird.

Die beiden Klappen der Schale sind entweder ganz gleich und symmetrisch gestaltet, oder sie sind es nicht; hiernach unterscheidet man gleichklappige und ungleichklappige Schalen. Jede Klappe beginnt mit einer hervorragenden, umgebogenen, etwas spitzen Convexität, welche man den Buckel oder Wirbel nennt. Die Gestalt der Schalen ist aber ausserordentlich verschieden; eben so ihre äussere Sculptur, indem sie bald glatt, bald rauh, bald radial, bald concentrisch gestreift, gerippt oder gefaltet, und bisweilen mit stachelartigen Fortsätzen versehen sind.

Die Conchiferen leben nur im Wasser und die meisten im Meere; sie sind theils frei, theils an fremden Körpern angeheftet, an denen sie entweder mit der einen Klappe unmittelbar angewachsen, oder durch einen aus der Schale austretenden Byssus befestigt sind. Viele stecken im Sand- oder Schlammgrunde der Gewässer, und einige bohren sich Höhlungen in den Felsgrund, wenn solcher sus Kalkstein besteht.

Nach A. d'Orbigny zerfallen die Conchiferen zuvörderst in zwei grosse Gruppen, nämlich in die der *Pleuroconchen* und der *Orthoconchen*.

Die Pleuroconchen sind unsymmetrisch und grösstentheils monomyar; sie haben meist ungleichklappige und unregelmässige Schalen, welche auf der

Seite liegen, so dass die eine Klappe als obere, die andere Klappe als untere erscheint. In dieser Gruppe sind besonders folgende Familien zu nennen, denen wir gleich die Namen der wichtigsten Geschlechter beifügen.

1. Chamaceen, mit *Diceras* und *Chama*.
2. Ostreaceen, mit *Gryphaea*, *Exogyra* und *Ostrea*.
3. Spondyliden, mit *Plicatula* und *Spondylus*.
4. Pectiniden, mit *Lima* und *Pecten*.
5. Aviculiden, mit *Posidonomya, Inoceramus*, *Gervillia, Pterinea* und *Avicula*.

Um doch wenigstens einige solcher Pleuroconchen vorzuführen, dazu mag der folgende Holzschnitt

Nr. 51.

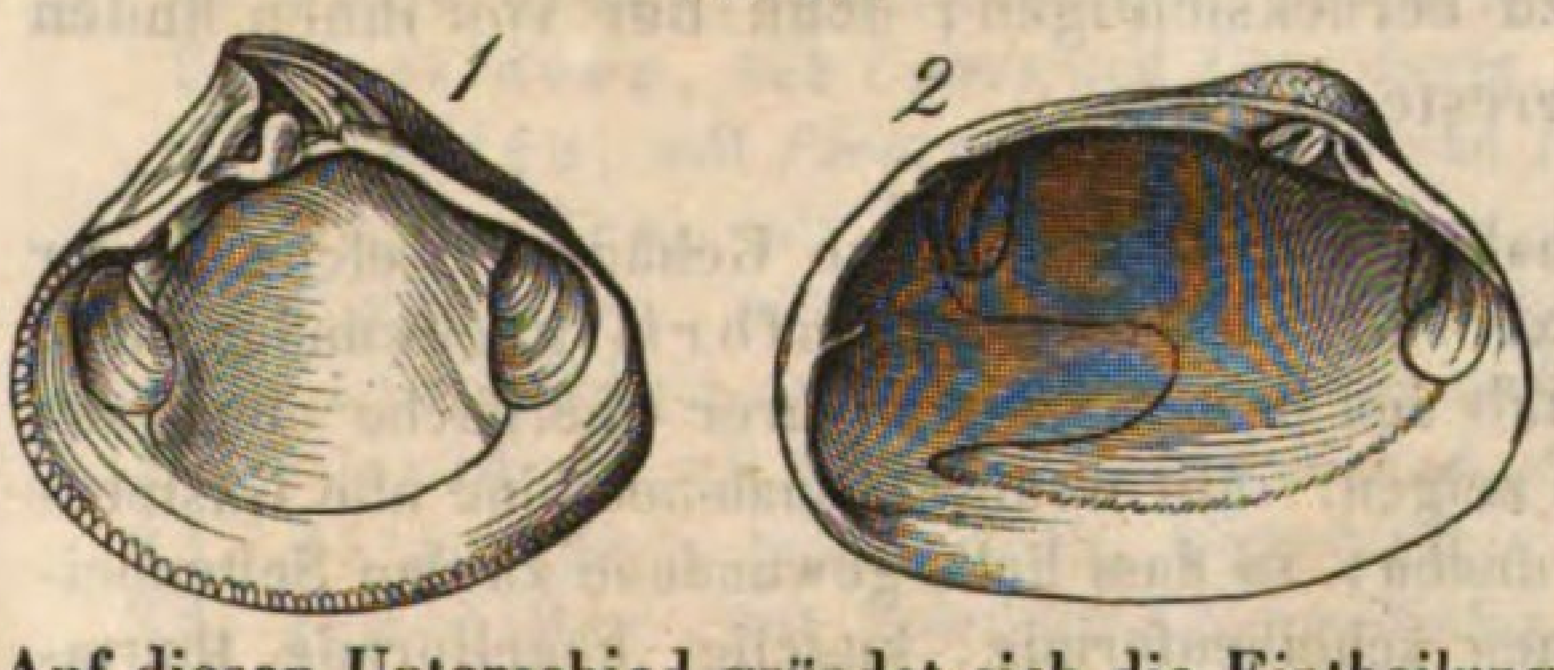


dienen, welcher in Fig. 1 ein kleines Exemplar von *Gryphaea arcuata*, in Fig. 2 das verkleinerte Bild von *Ostrea Marshii*, und in Fig. 3 ein Exemplar von *Avicula inaequivalvis* darstellt.

Die Orthoconchen haben symmetrische, dimyare (zuweilen selbst pleomyare) meist gleichklappige Schalen, welche sich bei dem Leben des Thieres in verticaler Stellung befanden, so dass die eine Klappe als rechte, die andere Klappe als linke erscheint.

Die grosse Anzahl der Geschlechter macht eine weitere Abtheilung dieser Gruppe nöthig, welche von der Figur des Manteleindruckes entlehnt wird. Die meisten Orthoconchen zeigen nämlich einen, in einer einfachen bogenförmigen Linie stetig verlaufenden Manteleindruck, welcher die beiden Muskeleindrücke verbindet, so wie es Fig. 1 in beistehendem Holzschnitte zeigt. Andere dagegen lassen in dem Verlaufe des Manteleindruckes einen mehr oder weniger tief ausgebuchteten Sinus erkennen, Fig. 2.

Nr. 52.



Auf diesen Unterschied gründet sich die Eintheilung der ganzen Gruppe in die beiden Sippschaften der Integropalliaten und Sinupalliaten.

In der Sippschaft der Integropalliaten sind besonders folgende Familien zu erwähnen:

1) Mytiliden, mit *Mytilus, Modiola, Concheria* und *Pinna*.
2) Arcaceen, mit *Arca, Cucullaea* und *Pectunculus*.
3) Nuculiden, mit *Nucula*.
4) Trigoniden, mit *Trigonia* (oder *Liriodon*) und *Myophoria*.

5) Unioniden, mit *Unio* und *Anodonta*, Süsswassermuscheln.
6) Luciniden, mit *Lucina* und *Corbis*.
7) Cycladiden, mit *Cyclas* und *Cyrene*, Süsswassermuscheln.
8) Carditiden, mit *Cyprina* und *Cardita*.
9) Astartiden, mit *Astarte*, *Cardinia*, *Megalodon* und *Crassatella*.
10) Cardiaceen, mit *Cardium*, *Isocardia* und *Conocardium*.

Aus der Sippschaft der Sinupalliaten erwähnen wir nachstehende Familien und Geschlechter:

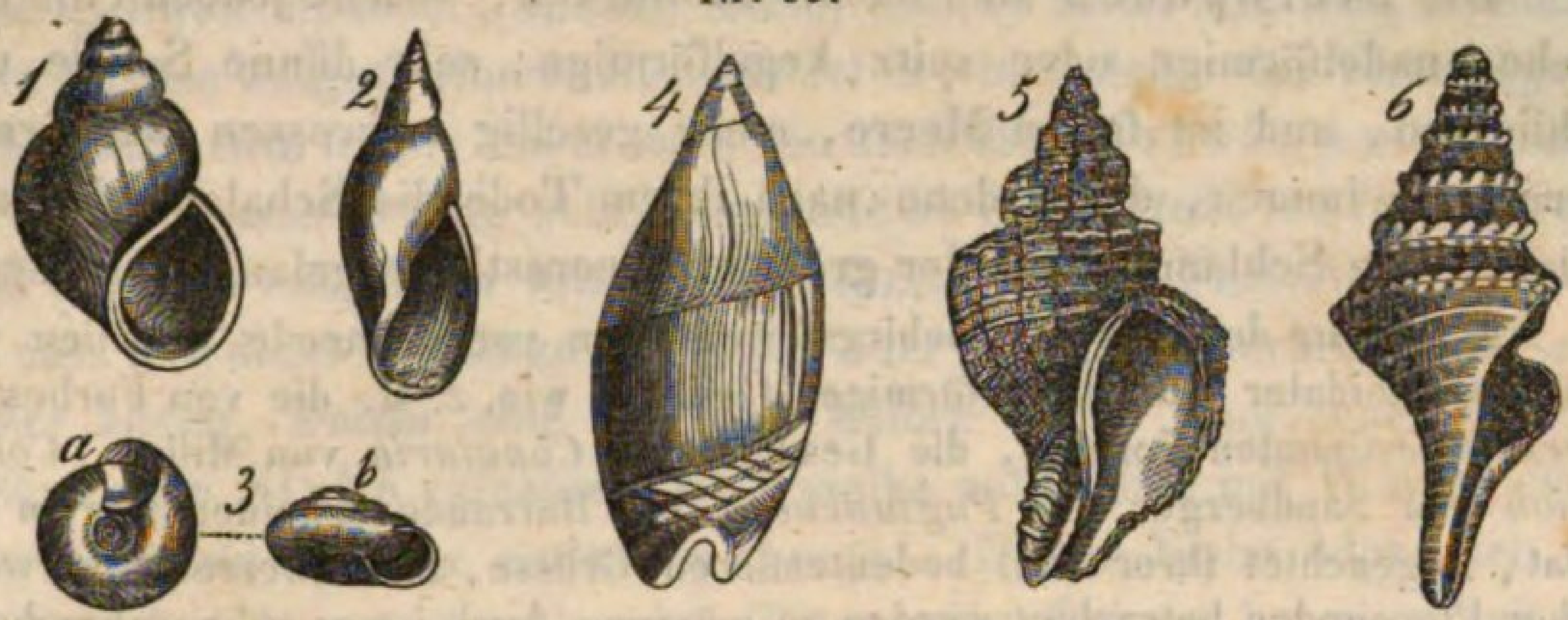
1) Cythereiden, mit *Cytherea* und *Venus*.
2) Petricoliden, mit *Petricola* und *Saxicava*.
3) Corbuliden, mit *Corbula*.
4) Telliniden, mit *Tellina*, *Donax* und *Psammobia*.
5) Anatiniden, mit *Anatina*, *Gresslyia* und *Thracia*.
6) Myaciden, mit *Mya*, *Mactra*, *Lutraria*, *Pholadomya*, *Panopaea* und *Solen*.
7) Pholadiden, mit *Pholas*, *Teredina* und *Teredo*.
8) Clavagelliden, mit *Gastrochaena*, *Aspergillum* und *Clavagella*.

Die dritte Ordnung der Mollusken, die der Gasteropoden oder Schnecken ist noch zahlreicher als die vorhergehende, indem schon mehr als 6000 fossile Species in 202 verschiedenen Geschlechtern aufgeführt werden. Der Name Gasteropoden ist diesen Thieren von Cuvier deshalb ertheilt worden, weil sie am Bauche eine flach ausgebreitete fleischige Sohle als Fuss oder Bewegungsorgan besitzen. Sie haben einen deutlichen Kopf, mit zwei oder vier Fühlern und mit Augen, und sind von einem Mantel eingehüllt, der bei den meisten Geschlechtern kohlensauren Kalk absondert, daher solche von einer kalkigen Schale umschlossen werden. Nur diese, mit einem Schalengehäuse versehenen Gasteropoden sind hier zu berücksichtigen; denn nur von ihnen finden sich die Schalen als Ueberreste.

Es sind lauter einschalige und einkammerige Gehäuse, welche in der Regel um eine centrale Axe spiral-schraubenförmig gewunden sind, übrigens aber in ihrer Gestalt und in der Sculptur ihrer Oberfläche eine ganz erstaunliche Manchfaltigkeit zeigen. Mit wenig Ausnahmen sind alle Gasteropoden-Schalen rechts gewunden, so dass links gewundene zu den Seltenheiten gehören. Sie erscheinen scheibenförmig, kugelig, kegelförmig, thurmförmig, auch spindelförmig und anders gestaltet, lassen aber stets von ihrem Anfangspuncte aus einen Windungskegel erkennen, an welchem die Windungsnaht in einer Spiralschraubenlinie herabläuft.

Die Mündung der Schale ist in der Regel nach unten gekehrt, und ihre Form und Lage, besonders aber die Gestalt ihres unteren Randes ist von grosser Wichtigkeit. Dieser untere Rand ist nämlich entweder stetig und einfach gekrümmt, wie es im nachstehenden Holzschnitte

Nr. 53.



die Figuren 1, 2 und 3 zeigen; oder er ist mit einem Ausschnitte versehen, wie in Fig. 4; oder er erscheint verlängert in einen bald kurzen, bald langen Canal, wie in den Figuren 5 und 6. Viele Gasteropoden haben auch einen Deckel, welcher die Mündung verschliesst, wenn sich das Thier in die Schale zurückgezogen hat.

Die Oberfläche der Schalen erscheint auf eine sehr verschiedene Weise: glatt, oder gestreift, gerippt, gekörnt, knotig, stachelig und mit anderen, oft äusserst zierlichen Mustern der Sculptur.

Die meisten Gasteropoden sind Bewohner des Meeres; doch giebt es auch einige Geschlechter, welche entweder in Landgewässern oder auf dem Lande selbst leben. Diese Süsswasserschnecken und Landschnecken sind meist durch eine sehr dünne Schale und ausserdem durch ihre Formen hinreichend ausgezeichnet, so dass sie im Allgemeinen sehr leicht von den marinen Schnecken unterschieden werden können.

Die wichtigeren Familien und Genera der Gasteropoden sind etwa folgende:

1) Dentaliden, mit *Dentalium*.
2) Fissurelliden, mit *Patella, Fissurella* und *Emarginula*.
3) Crepiduliden, mit *Calyptraea*, *Crepidula* und *Capulus*.
4) Bucciniden, mit *Cerithium*, *Terebra* und *Buccinum*.
5) Cassideen, mit *Cassis* und *Cassidaria*.
6) Fusiden, mit *Pleurotoma, Pirula* und *Fusus*.
7) Muriciden, mit *Murex*.
8) Volutiden, mit *Cancellaria*, *Mitra* und *Voluta*.
9) Strombiden, mit *Conus*, *Strombus* und *Rostellaria*.
10) Olividen, mit *Oliva*, *Terebellum* und *Ancillaria*.
11) Haliotiden, mit *Haliotis, Murchisonia* und *Pleurotomaria*.
12) Trochiden, mit *Solarium*, *Euomphalus, Turbo* und *Trochus*.
13) Neritiden, mit *Nerita*.
14) Naticiden, mit *Natica*.
15) Actäoniden, mit *Actaeon* und *Ringicula*.
16) Pyramidelliden, mit *Nerinea*, *Pyramidella*, *Eulima*.
17) Paludiniden, mit *Turritella, Melanopsis*, *Paludina*.
18) Limnäiden, mit *Limnaeus* und *Planorbis*.
19) Colimaceen, mit *Helix*.
20) Bullaceen, mit *Bulla*.

Die Pteropoden sind nackte Mollusken, welche jedoch eine einfache, nadelförmige oder spitz kegelförmige, sehr dünne Schale umschliessen, und im freien Meere, meist gesellig in grossen Schwärmen herumschwimmen, daher denn nach ihrem Tode die Schalen sehr zahlreich in den Schlammgrund der grössten Meerestiefen gelangen müssen.

Einige in den ältesten Gebirgsformationen vorkommende Fossilien von spitz pyramidaler oder kegelförmiger Gestalt, wie z. B. die von Forbes als *Creseis* bestimmten Formen, die Geschlechter *Conularia* von Miller, *Coleoprion* von Sandberger und *Pugiunculus*, von Barrande scheinen nun in der That, ungeachtet ihrer weit bedeutenderen Grösse, als Ueberreste vorweltlicher Pteropoden betrachtet werden zu müssen. Auch ist es sehr wahrscheinlich, dass die sogenannten Tentaculiten, kleine nadelförmige Fossilien, welche bisweilen sehr zahlreich in den ältesten Gesteinen vorkommen, grösstentheils von Pteropoden, ähnlich dem Geschlechte *Creseis*, abstammen.

§. 232. *Mollusken; Cephalopoden.*

Die fünfte und letzte Ordnung der Mollusken ist endlich die der Cephalopoden; in zoologischer wie in geognostischer Hinsicht eine der interessantesten Abtheilungen des Thierreiches, deren fossile Formen grösstentheils einer gänzlich ausgestorbenen und jetzt nicht mehr existirenden Schöpfung angehören. Die Cephalopoden der Jetztwelt, von welchen wir auf jene der Vorwelt zu schliessen berechtigt sind, haben einen deutlich ausgebildeten Kopf mit zwei Augen, und mit einem Munde, der ein paar vogelschnabelähnliche Kiefern enthält, und von grossen, mit Saugwarzen besetzten Fangarmen umgeben ist. Der Leib steckt in einem weiten Sacke oder Mantel, welcher bei einigen Geschlechtern Kalk absondert und die Bildung einer äusseren Schale vermittelt, während diess bei anderen Geschlechtern nicht der Fall ist, daher solche nackt erscheinen.

Diese nackten Cephalopoden umschliessen jedoch innerhalb des Mantels den sogenannten Tintensack, eine mit der Sepia, einer braunen Flüssigkeit, erfüllte Blase, welche mit einer aus hornartiger Substanz bestehenden, lanzett- oder schwertförmigen inneren Schale, dem sogenannten Sepienknochen (oder der Schulpe) in Verbindung steht.

Die äusseren Schalen, oder die Conchylien der beschalten Cephalopoden, sind insgesammt einschalig und theils spiralförmig in einer Ebene aufgewunden, theils gerade ausgestreckt, und dann spitz kegelförmig oder cylindrisch gestaltet, theils hakenförmig oder hornförmig gebogen, theils auch spiralschraubenförmig um eine Axe gewunden. Alle aber, mit sehr wenigen Ausnahmen, sind sie durch Querscheidewände vielfach abgetheilt, daher vielkammerig. Die Kammern liegen regel-

mässig hinter einander, und die letzte, offene, durch ihre weit bedeutendere Grösse ausgezeichnete Kammer ist es, in welcher das Thier eigentlich seinen Sitz hatte; daher man sie auch die Wohnkammer nennt.

Die Kammerwände selbst sind alle an einer Stelle durchbohrt, und daselbst mit einem tüten- oder röhrenförmigen Fortsatze versehen, so dass alle diese Fortsätze eine mehr oder weniger unterbrochene Kalkröhre bilden, welche eine von dem Thiere selbst ausgehende häutige Röhre, den Sipho aufnahm, die dasselbe willkürlich mit Wasser erfüllen oder von Wasser entleeren konnte. Dieser Sipho oder auch das System der ihn repräsentirenden Tüten oder Röhren hat eine, mit der allgemeinen Ausdehnung der Schale übereinstimmende Form, und ist daher ebenfalls spiralförmig gewunden, oder gerade ausgestreckt u. s. w. Besonders wichtig ist die Lage desselben, weil solche bei verschiedenen Geschlechtern und Familien wesentlich verschieden ist; er durchsetzt nämlich die Kammerwände entweder in ihrer Mitte, oder an ihrem Rande, und im letzteren Falle entweder an der Rückenseite, oder an dem der Bauchseite der Schale entsprechenden Rande. Hiernach unterscheidet man den centralen, den dorsalen und den ventralen Sipho.

Uebrigens sind die Kammerwände entweder blos einfach gekrümmt, oder gegen ihre Ränder hin radial gefaltet, so dass dort mehre, vorwärts concave oder einspringende, und vorwärts convexe oder ausspringende Falten mit einander abwechseln, von welchen die ersteren Loben (*lobi*), die letzteren Sattel (*sellae*) genannt worden sind. Die Ränder dieser Loben und Sattel geben sich auf den Steinkernen der Schalen als mehr oder weniger undulirte oder zickzackförmige Linien zu erkennen, deren einspringende und ausspringende Winkel oder Buchten ebenfalls Loben und Sattel genannt und, nach Maassgabe ihrer Lage, als Dorsal-, Lateral- und Ventral-Sattel und Loben unterschieden werden. Bei gewissen Familien (und namentlich bei den Ammoniten) sind diese Loben und Sattel gegen ihre Ränder hin wiederum in kleinere Falten gebogen, welche noch weiter abermals gefältelt erscheinen, so dass die ganzen Kammerwände ungefähr so wie die Blätter des Braunkohls (*Brassica oleracea*, *var. crispa*) gestaltet sind, und in ihren äussersten Rändern Lineamente zeigen, welche an die Suturen der Schädelknochen erinnern. Diese Loben- und Sattelbildung, so wie die Form ihrer Suturen, welche letztere schon Reinecke als *distinctissimam specierum notam* erkannte, sind besonders von Leopold v. Buch, in seiner classischen Abhandlung über die Ammoniten, nach ihrer ganzen Wichtigkeit hervorgehoben und als Merkmale geltend gemacht worden.

Von den vorweltlichen Cephalopoden kennt man zuvörderst eine erstaunliche Menge äusserer Schalen, welche meist verkalkt, selten verkieselt, verkiest oder auf andere Weise versteinert, sehr häufig nur als Steinkerne, bisweilen auch als Abdrücke ausgebildet sind. Aber auch innere, den Sepienknochen analoge Schalen kommen vor, und die in gewissen Gesteinsschichten millionenweise begrabenen Belemniten beweisen, dass das damalige Meer auch von zahllosen nackten Cephalopoden bewohnt gewesen sein muss. Endlich kennt man auch die Kiefer oder Schnäbel und die Tintenbeutel gewisser Cephalopoden. Die wichtigsten Familien und Geschlechter der fossilen Cephalopoden sind aber folgende:

1) Fam. der Octopoden, mit den Geschlechtern *Argonauta* und *Bellerophon*, welches letztere ausgestorbene Geschlecht man deshalb, weil seine Schale nur einkammerig ist, zu den Argonauten zu stellen pflegt.

Bellerophon Montf. Dieses Genus, welches von Anderen zu den Heteropoden gestellt wird, hat einkammerige, spiralförmig in einer Ebene gewundene, kugelig aufgeblähte Schalen, deren innere Windungen von der äussersten fast gänzlich umschlossen werden. Man kennt bereits an 70 Species, welche theils in der Silurischen und Devonischen, theils und ganz vorzüglich in der Steinkohlenformation vorkommen. Der Holzschnitt Nr. 54 giebt das Bild von *B. costatus* aus dem Kohlenkalkstein.

Nr. 54.

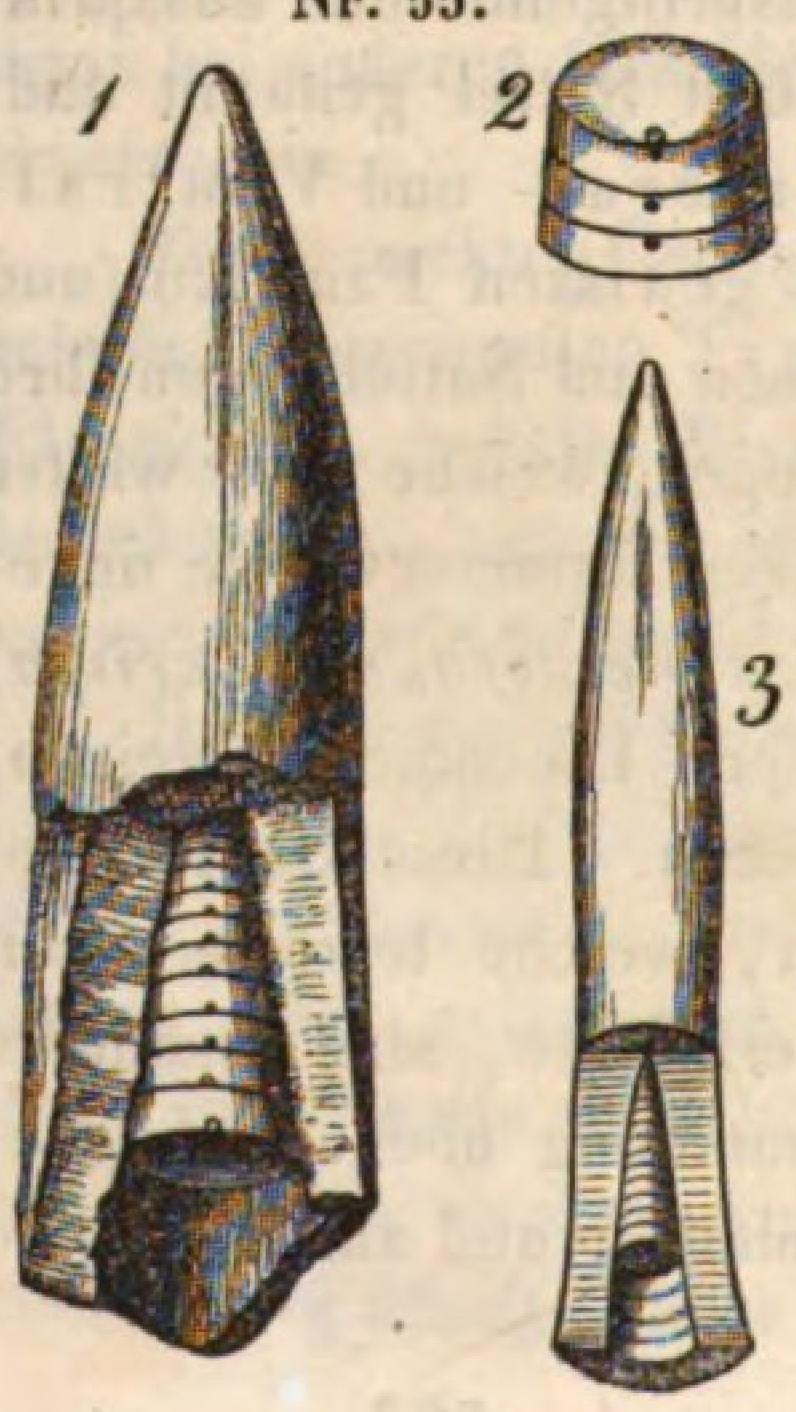


2) Fam. der Theutiden, mit den Geschlechtern *Loligo*, *Theutopsis*, *Acanthotheutis* u. a.; sie begreift lauter nackte Cephalopoden, von welchen man nur die inneren, den Sepienknochen ähnlichen Schalen und die Tintenbeutel kennt.

3) Fam. der Sepiaden, mit den Geschlechtern *Sepia, Belosepia* und *Beloptera*, welche, da sie nackt sind, ebenfalls nur Sepienknochen und Tintenbeutel hinterlassen haben.

4) Fam. der Belemniten, mit dem einzigen Geschlechte *Belemnites*, welches gänzlich ausgestorben ist, aber durch die bedeutende Anzahl seiner Species und durch die oft ganz ausserordentliche Menge seiner Individuen eine grosse Wichtigkeit erlangt. Diese Belemniten waren jedenfalls innere, den Sepienknochen analoge Schalen. Sie bestanden ursprünglich aus drei Theilen, aus der Scheide, dem Alveoliten und einem dünnen hornigen Kegel, von welchen jedoch gewöhnlich nur noch die beiden ersteren erhalten sind. Die Scheide (Fig. 1 und 3 in beistehendem Holzschnitte) ist spitz kegelförmig, spindelförmig, cylindrisch oder fingerförmig gestaltet, und besteht in der Regel aus Faserkalk, dessen Fasern symmetrisch und fast rechtwinkelig auf die Axe gestellt sind (Fig. 3). An ihrem einen (in Bezug auf die Stellung zu dem Thiere oberen) Ende ist sie mit der Alveole, einer kegelförmigen Höhlung, versehen, welche

Nr. 55.



den Alveoliten umschliesst, der aus vielen concaven, von einem randlichen Sipho durchbohrten Scheidewänden besteht (Fig. 1 u. 3, sowie Fig. 2, welche den Theil eines Alveoliten frei darstellt). Zwischen dem Alveoliten und der Scheide lag ursprünglich eine sehr dünne hornige Schale, welche sich trichterartig weit über den Alveoliten hinaus verlängerte, und den Raum zur Aufnahme des Tintenbeutels und anderer Eingeweide bildete. Auch hat man in einigen Fällen mit den Belemniten noch Ueberreste des Tintenbeutels gefunden, wodurch die Deutung derselben als innerer Schalen vollkommen gerechtfertigt wird. Die Belemniten beginnen erst mit der Liasformation, in welcher sie aber sogleich in erstaunlicher Menge auftreten; sie gehen durch die Juraformation, und kommen noch in der Kreideformation vor, um dann auf immer zu verschwinden.

5) Fam. der Nautileen. Diese, mit Ausnahme zweier Species von *Nautilus*, gänzlich ausgestorbene Familie begreift unter anderen die wichtigen Geschlechter *Orthoceras*, *Cyrtoceras*, *Lituites*, *Nautilus* und *Clymenia*, deren Ueberreste in äusseren Schalen bestehen. Diese Schalen sind sämmtlich gekammert, aber die Kammerwände entweder ganz einfach gekrümmt wie ein Uhrglas, oder an ihren Rändern nur in wenige und einfache Falten gebogen, daher auch die Loben und Sattel nur sehr einfache Lineamente zeigen.

Orthoceras Breyn. Die Schale ist gerad gestreckt, sehr spitz kegelförmig, daher in Fragmenten fast cylindrisch, und mit einem centralen, lateralen oder marginalen Sipho versehen; äusserlich ist sie glatt, oder transversal (selten longitudinal) gestreift, gefaltet oder gerunzelt. Man kennt von diesen Orthoceren schon gegen 150 Species, welche fast alle in den ältesten Formationen vorkommen, und daher für solche höchst bezeichnend sind. Die Frage, ob sie äussere oder innere Schalen waren, ist wohl noch nicht ganz entschieden beantwortet. Wenn man bedenkt, dass ihre Fragmente bisweilen mehre Fuss lang sind, und dass manche in ihrer Vollständigkeit nach Defrance bis 2, ja nach Verneuil bis 3 Meter lang gewesen sein mögen, so möchte man fast geneigt sein, sie für innere Schalen zu halten, da es schwer zu begreifen ist, wie sich so langgestreckte stabförmige Schalen unversehrt erhalten konnten, wenn sie das Thier frei hinter sich herschleppte. Auch will Anthony bei Cincinnati Exemplare gefunden haben, welche von einem sackähnlichen Körper umschlossen waren, wogegen jedoch James Hall bemerkt, dass diess nur Concretionsbildungen seien. Die Mehrzahl der Paläontologen hält sie für äussere Schalen. Der vorstehende Holzschnitt Nr. 56 giebt die Bilder von Fragmenten verschiedener Orthoceren.

Nr. 56.

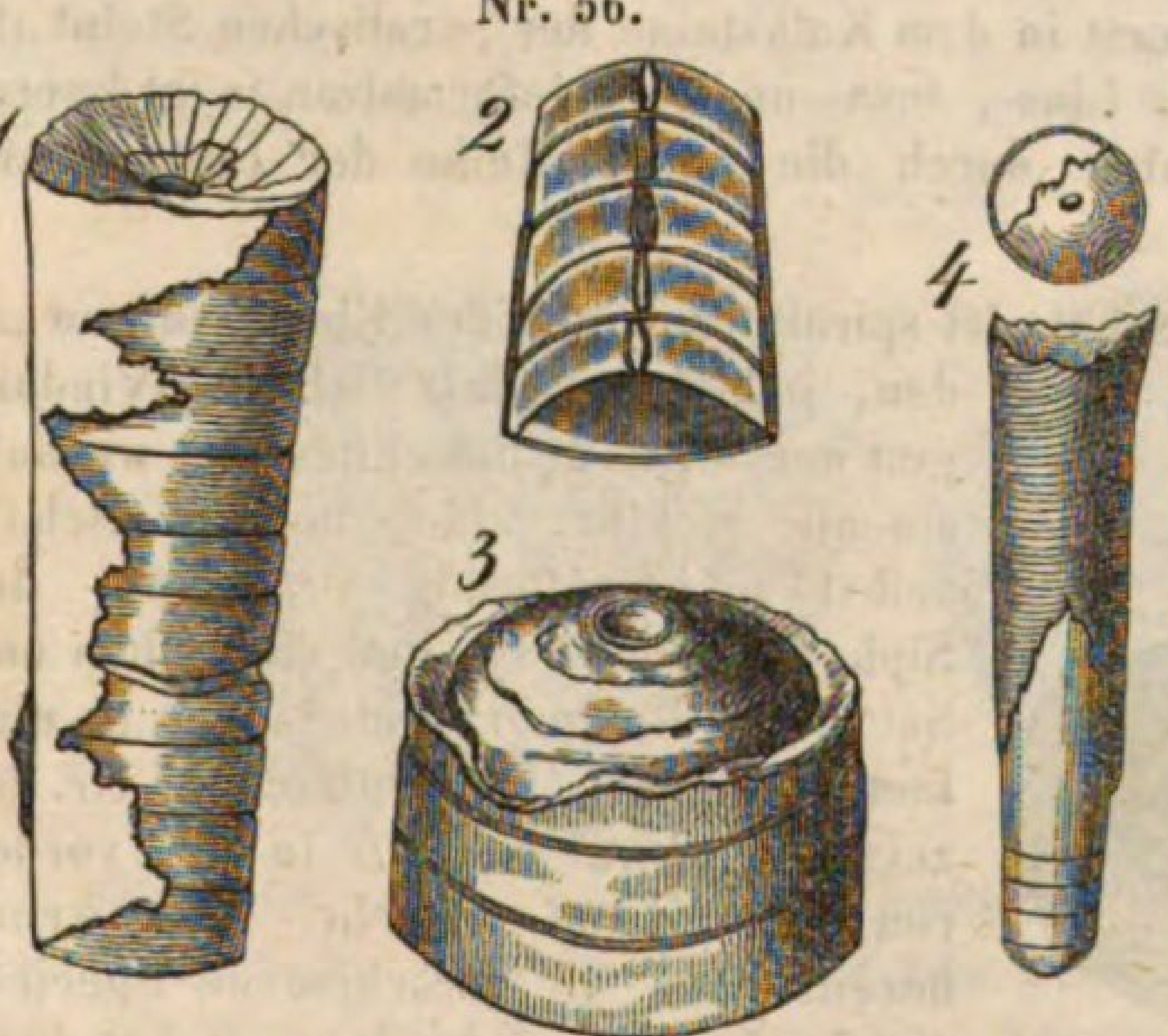
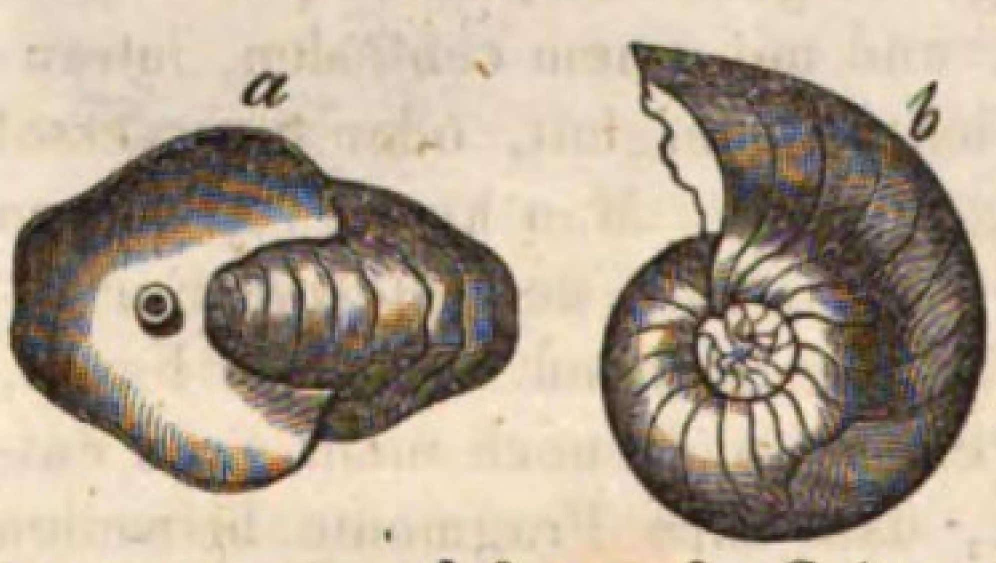


Fig. 1. *Orthoceras striatum* aus Devonshire, mit zum Theil erhaltener Schale, unter welcher die regelmässig verlaufenden Ränder der Kammerwände sichtbar sind.
- 2. *Orthoceras Ludense*, ein der Länge nach durchschnittenes Fragment, dessen Schnittfläche den Sipho und die Kammerwände entblöst hat.
- 3. Fragment eines grösseren Individuums derselben Species.
- 4. *Orthoceras gregarium;* oben eine Kammerwand in der Grundansicht, darunter das obere, zum Theil noch mit der Schale versehene Ende mit der langen Wohnkammer und ein paar angränzenden Kammern.

Das Geschlecht *Cyrtoceras* ist nach einem grösseren oder kleineren Kreisbogen gekrümmt, und bereits in mehr als 40 Species bekannt, welche ebenfalls nur in den älteren Formationen vorkommen. *Lituites* ist anfangs spiralförmig gewunden, jedoch so, dass sich die Windungen nicht berühren, und endigt mit einem geradlinig gestreckten Theile; diess Genus findet sich nur in der Silurformation.

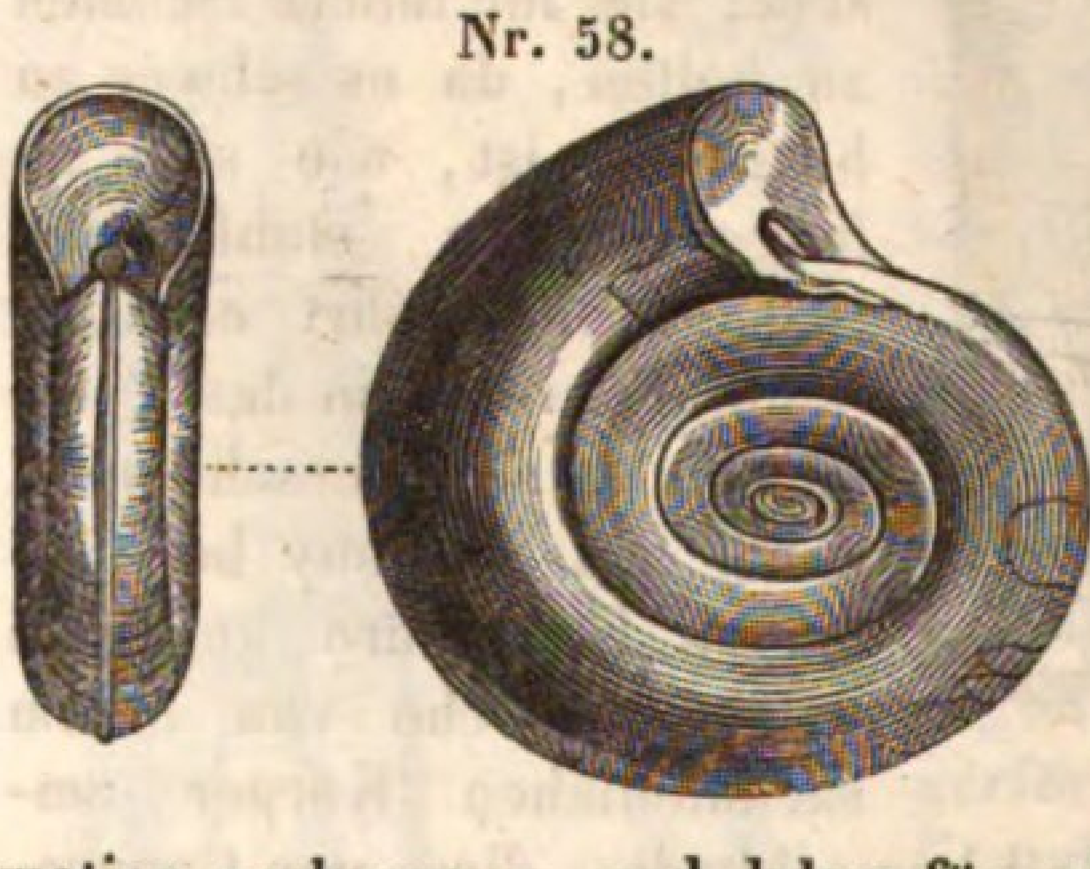
Nautilus Linné. Die Schale ist spiralförmig in einer Ebene aufgewunden, so dass gewöhnlich die letzte Windung die vorhergehenden fast gänzlich umschliesst; der Sipho ist meist central, niemals dorsal, und die Kammerwände sind an ihren Rändern einfach und stetig gekrümmt, oder doch nur wenig gefaltet. Der Holzschnitt Nr. 57 zeigt das Bild von *Nautilus truncatus* aus der Liasformation, *a* von vorn, und *b* von der Seite. Man kennt von diesem wichtigen Geschlechte schon 130 Species, welche zuerst in dem Kalksteine der paralischen Steinkohlenformation, dann aber in der Lias-, Jura- und Kreideformation in grösserer Menge auftreten, übrigens aber durch die ganze Reihe der Formationen reichen.

Nr. 57.



Clymenia Münst. Die Schale ist spiralförmig in einer Ebene aufgewunden, jedoch so, dass sich die Windungen nur wenig umschliessen, weshalb sie alle sichtbar sind, und die Schale selbst scheibenförmig erscheint; der Sipho ist ventral, und die Loben und Sattel der Kammerwände sind nur einfach gebogen. Der Holzschnitt Nr. 58 zeigt *Clymenia linearis* in der vorderen und Seiten-Ansicht. Man kennt bereits über 40 verschiedene Species, welche fast alle in der Devonischen Formation vorkommen, und daher für solche sehr charakteristisch sind.

Nr. 58.



Noch sind in der Familie der Nautileen ein paar seltsame Fossilien zu erwähnen, welche höchst wahrscheinlich nichts anderes, als die Schnäbel oder Mandibula verschiedener Nautilus-Species sind. Man pflegt sie unter

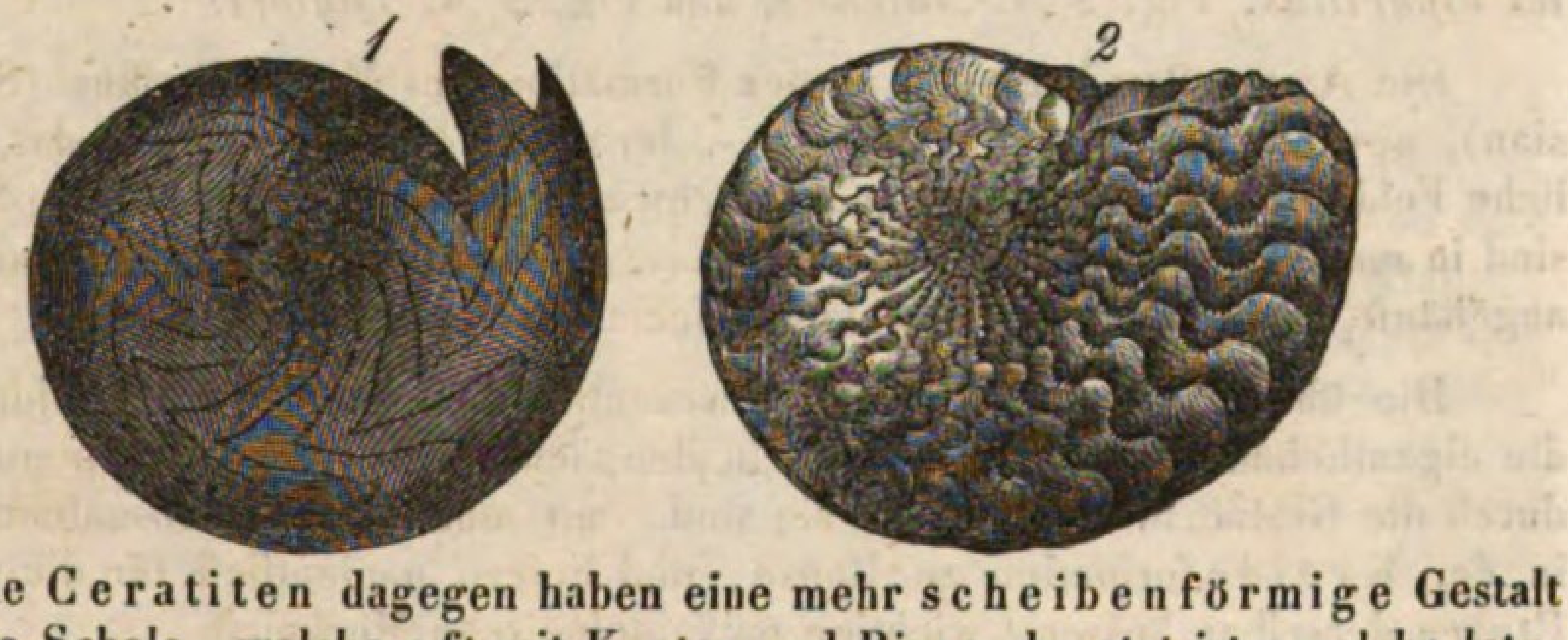
den beiden generischen Namen *Rhyncholithus* und *Conchorhynchus* aufzuführen und kennt sie besonders in der Formation des Muschelkalkes.

6) Fam. der Ammoneen. Diese, in geognostischer Hinsicht äusserst wichtige Familie hat nur ausgestorbene Formen aufzuweisen, indem nicht einmal eines ihrer Geschlechter in der Jetztwelt repräsentirt ist. Von diesen Geschlechtern sind folgende als die wichtigsten zu nennen: *Goniatites, Ceratites, Ammonites, Scaphites, Crioceras, Ancyloceras, Toxoceras, Hamites, Baculites* und *Turrilithes.*

Die drei zuerst genannten Geschlechter sind einander so nahe verwandt, und haben eine so grosse Anzahl von Species aufzuweisen, dass es ein äusserst verdienstliches Unternehmen von Leopold von Buch war, die Charaktere derselben schärfer zu fixiren, und das Heer der Ammoniten, zu welchen von einem allgemeineren Gesichtspuncte aus auch die Goniatiten und Ceratiten gerechnet werden müssen, nach gewissen durchgreifenden Merkmalen in natürliche Familien abzutheilen. Die Schalen derselben sind alle in einer Ebene spiralförmig aufgewunden, so dass sich die Windungen bald mehr bald weniger umschliessen; auch haben sie sämmtlich einen dorsalen, zwischen dem Schalenrücken und den Kammerwänden liegenden Sipho; der wesentliche Unterschied beruht nur auf der Gestalt dieser Kammerwände und auf der dadurch bestimmten Configuration ihrer Suturen. Die Goniatiten und Ceratiten zeigen nämlich beide in ihren Loben und Satteln weit einfachere Lineamente als die Ammoniten, unterscheiden sich aber von einander selbst durch folgende Merkmale.

Die Goniatiten haben eine stark gewölbte, fast kugelförmig aufgeblähte Gestalt, und eine dünne feingestreifte Schale, auf welcher nur selten Rippen oder Knoten, niemals aber Zähne vorkommen, und deren Streifen sich auf dem Rücken etwas nach hinten biegen; ihre Loben endigen in eine Spitze, und so auch häufig ihre Sattel, deren Anzahl übrigens verschieden, bald klein, bald sehr gross ist. Fig. 1 im Holzschnitte Nr. 59 zeigt die meisten dieser Verhältnisse an *Goniatites sphaericus.*

Nr. 59.

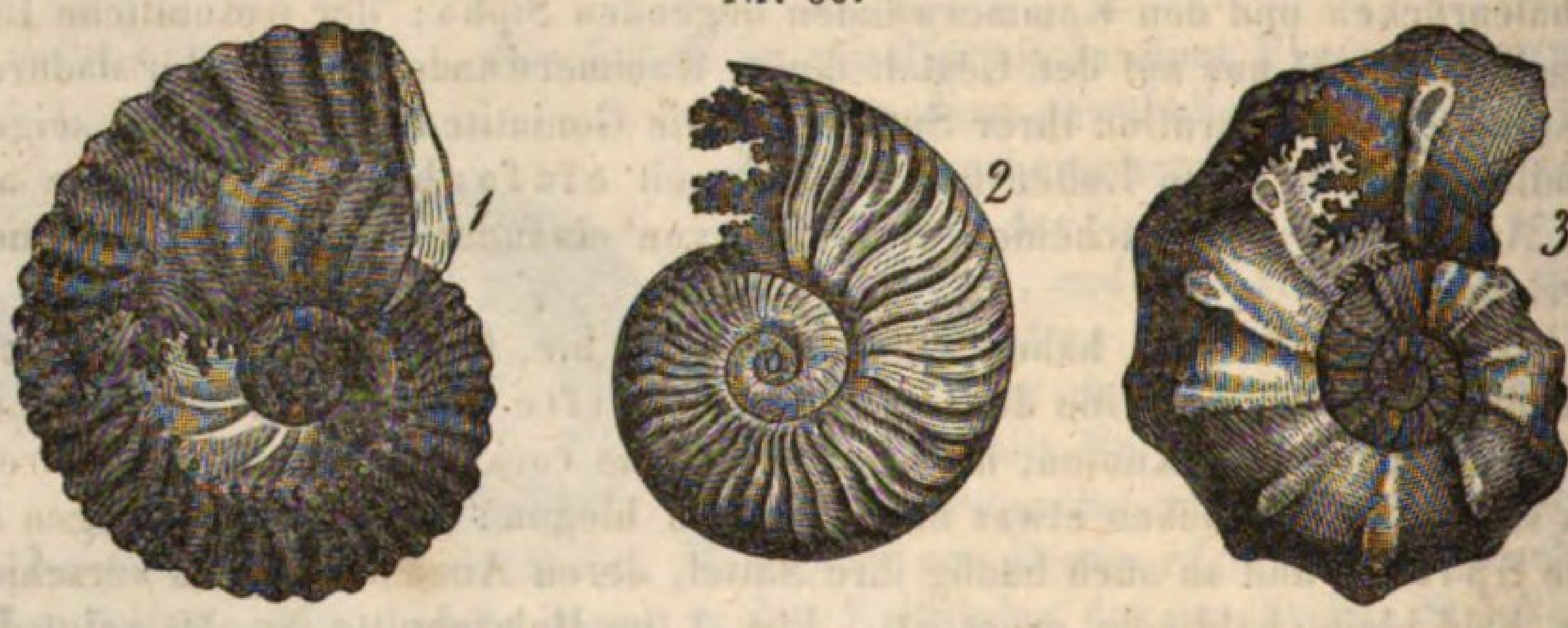


Die Ceratiten dagegen haben eine mehr scheibenförmige Gestalt und eine Schale, welche oft mit Knoten und Rippen besetzt ist, welche letztere sich auf dem Rücken nach vorn biegen; ihre Loben und Sattel sind zwar gleichfalls oft in grosser Anzahl vorhanden, lassen aber stets sechs Hauptloben und eben so viele Hauptsattel unterscheiden, auch sind die Lobenränder gewöhnlich fein gezahnt, wie diess im vorstehenden Holzschnitte Fig. 2, das etwas verkleinerte Bild von *Ceratites semipartitus* zeigt.

Die bereits in 190 Species bekannten Goniatiten finden sich besonders in der Devonischen Formation und in der Steinkohlenformation, die Ceratiten dagegen sind, wie diess Elie de Beaumont zuerst im Jahre 1827 erkannte, als ganz vorzüglich charakteristische Formen der Muschelkalkformation zu betrachten, obwohl auch einige in der Kreideformation und in der Devonischen Formation vorkommen.

Die Ammoniten endlich sind besonders dadurch charakterisirt, dass immers sechs Hauptloben (ein dorsaler und ein ventraler Lobus, so wie jederseits zwei laterale Loben) und eben so viele Hauptsattel zu unterscheiden sind, zu welchen sich jedoch häufig noch Hilfsloben und Sattel gesellen, und dass die Ränder sowohl der Sattel als der Loben manchfaltige Aus- und Einbuchtungen zeigen, daher sie vielfach gezackte und gezahnte, ja bisweilen ganz erstaunlich complicirte Suturen zeigen. Uebrigens ist die Form und die Sculptur der Schalen so ausserordentlich manchfaltig, dass bereits über 500 Species unterschieden worden sind.

Nr. 60.



Der Holzschnitt Nr. 60 giebt die Bilder einiger Ammoniten, in deren jedem auch die Sutur einer Kammerwand dargestellt ist; Fig. 1 ist *Ammonites bipartitus*, Fig. 2 *A. Aalensis*, und Fig. 3 *A. Taylori.*

Die Ammoniten beginnen in der Formation des Muschelkalkes (St. Cassian), gewinnen aber erst in der Lias-, Jura- und Kreideformation das eigentliche Feld ihrer Entwicklung, und verschwinden dann gänzlich. Ihre Schalen sind in manchen Schichten zumal der Lias- und Juraformation millionenweise angehäuft, und erreichen bei einigen Species eine bedeutende Grösse.

Die übrigen Ammoneen haben wesentlich dieselbe Lobenbildung wie die eigentlichen Ammoniten, unterscheiden sich aber von ihnen sehr auffallend durch die Gestalt ihrer Schalen; sie sind, mit sehr wenigen Ausnahmen, nur in der Kreideformation zu Hause, und liefern namentlich für die unteren Etagen derselben äusserst wichtige paläontologische Merkmale.

Scaphites Park. Dieses Geschlecht ist dadurch ausgezeichnet, dass die, anfangs spiralförmig gewundene Schale weiterhin fast geradlinig fortsetzt und zuletzt abermals jedoch in entgegengesetzter Richtung spiralförmig gewunden ist, so wie es im Holzschnitte Nr. 61 Fig. 1 an *Scaphites striatus* zeigt. Man kennt 16 Species, davon 15 in der Kreideformation.

Nr. 61.



Hamites Park. hat zwei geradlinige, parallel laufende Schenkel, welche durch eine hakenförmige Krümmung in einander übergehen; man kennt 45 Species, alle in der Kreideformation, von denen der *H. attenuatus* in Fig. 2 dargestellt ist.

Baculites Lam. Vollkommen geradgestreckte, spitz kegelförmige, daher in Fragmenten fast cylindrische Schale, wie es das in vorstehendem Holzschnitte in Fig. 3 dargestellte Fragment von *Baculites anceps* zeigt. Dieses Geschlecht ist also für die Ammoneen das Analogon dessen, was die Orthoceren für die Nautileen sind; aber die Kammerwände sind vielfach gefaltet und ausgezackt, wie solches aus Fig. 3 und Fig. 4 zu ersehen ist. Die 14 bekannten Species stammen alle aus der Kreideformation.

Von den drei Geschlechtern *Toxoceras* mit 11, *Crioceras* mit 9, und *Ancyloceras* mit 20 Species ist das erstere nur bogenförmig gekrümmt, das zweite spiralförmig in einer Ebene gewunden, jedoch wie ein Widderhorn mit abstehenden Windungen, das dritte aber verhält sich zu *Crioceras*, wie *Scaphites* zu *Ammonites*, indem der spiralförmig gewundene Theil weiterhin ein Stück geradlinig fortsetzt, und dann in entgegengesetzter Richtung gewunden ist.

Das Geschlecht *Turrilithes* endlich ist spiralschraubenförmig gewunden, und vereinigt daher mit der Form einer thurmförmigen Gasteropodenschale die Structur eines Ammoniten; man kennt 27 Species, alle in der Kreideformation.

Anmerkung. Durch De Koninck und Barrande sind auch in der Familie der Nautileen die Analoga von *Crioceras* und *Turrilithes* in den Geschlechtern *Gyroceras* und *Trochoceras* nachgewiesen worden.

Anhangsweise ist hier noch der, unter dem Namen *Aptychus* bekannten problematischen Fossilien zu gedenken, welche jedenfalls mit gewissen Cephalopoden in sehr genauer Beziehung stehen. Diese Aptychen sind aus zwei, vollkommen symmetrischen, in einer geraden Linie an einander stossenden, und in einer Ebene ausgebreiteten Schalen oder Klappen bestehende Körper, welche auf den ersten Anblick an eine aufgeklappte und flach ausgebreitete zweischalige Muschel erinnern, wofür sie auch früher gehalten worden sind. Obgleich sie nicht selten in den Wohnkammern von Ammoniten vorkommen, so dürfte doch die von Coquand aufgestellte Ansicht nicht unwahrscheinlich sein, dass sie für innere, den Sepienschulpen analoge Schalen nackter Cephalopoden zu halten sind.

§. 233. *Anneliden, Crustaceen, Arachnoiden und Insecten.*

Die zweite Hauptabtheilung des Thierreiches, die der Arthrozoen oder Gliederthiere, welche in die vier Classen der Anneliden, Crusta-

ceen, Arachnoiden und Insecten zerfällt, hat für das geognostische Bedürfniss eine weit geringere Bedeutung, als die bisher betrachtete Abtheilung der Gastrozoen. Denn es kommen die Ueberreste der Gliederthiere, mit Ausnahme gewisser Crustaceen und Anneliden, nicht nur verhältnissmässig selten, sondern auch grösstentheils in sehr neuen Formationen vor, deren Bestimmung theils durch andere organische Ueberreste, theils durch ihre Lagerungsverhältnisse so leicht zu geben ist, dass man für diesen Zweck kaum jemals auf die etwa vorhandenen Reste von Insecten und dergleichen zu reflectiren genöthigt sein wird. Daher können wir uns darauf beschränken, aus jeder der genannten Classen einige von denjenigen Familien und Geschlechtern zu erwähnen, welche auch in geognostischer Hinsicht als wichtigere Vorkommnisse zu betrachten sind.

Die Classe der Würmer oder Anneliden lässt freilich von den nackten Würmern keine häufigen und deutlichen Ueberreste erwarten; desungeachtet hat sie in den ausgestorbenen Geschlechtern *Nemertites*, *Nereites* und *Myrianites* einige der allerältesten Thierformen aufzuweisen, deren Abdrücke in den tiefsten Schichten der Englischen Silurformation gefunden worden sind.

Wichtiger jedoch, sowohl wegen ihres häufigeren Vorkommens in verschiedenen Formationen, als auch wegen der grossen Anzahl ihrer Species sind die drei Geschlechter *Serpula* mit 190, *Spirorbis* mit 33, und *Vermilia* mit 25 Species, von welchen indessen die beiden letzteren bisweilen auch mit *Serpula* vereinigt werden. Diese Würmer sondern nämlich eine kalkige Schale ab, in welcher sie leben und ein dauerndes Monument ihres Daseins hinterlassen. Die Schalen dieser Serpula-Arten sind meist regellos gekrümmte, bisweilen spiralförmig gewundene, oft mäandrisch verschlungene Röhren von kreisrundem, triangulärem, rhombischem oder polygonalem Querschnitte, am Anfang geschlossen und zugespitzt, am Ende offen, frei oder aufgewachsen, übrigens aber nach Gestalt und Grösse sehr verschieden, wie beistehender Holzschnitt

Nr. 62.



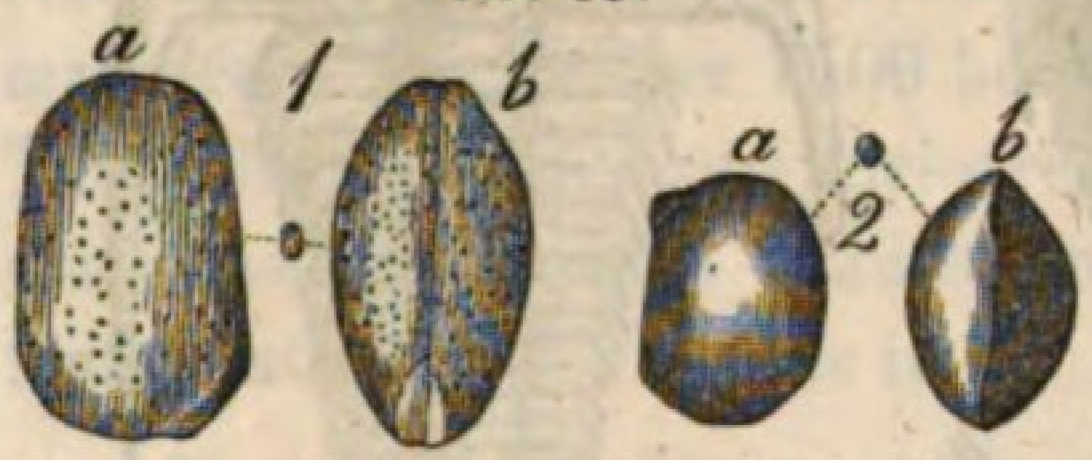
zeigt, welcher verschiedene Species von *Serpula* darstellt.

Viel wichtiger als die Classe der Würmer ist die Classe der Crustaceen, deren Gehäuse oder Panzer allerdings weit mehr geeignet waren, sich im fossilen Zustande oder wenigstens in Abdrücken zu erhalten, als die meist nackten Anneliden.

Zuvörderst sind aus der Ordnung der C i r r i p e d e n die beiden Geschlechter *Balanus* und *Pollicipes* zu erwähnen, von welchen das erstere in den Tertiärformationen, das zweite besonders in der Kreideformation schon mit mehren Species bekannt ist.

Nächstdem ist aus der Ordnung der E n t o m o s t r a c e e n die Familie der L o p h y r o p o d e n zu nennen, mit den beiden Geschlechtern *Cypris* und *Cytherina;* die Cypriden sind nämlich kleine Süsswasser-Crustaceen, deren Körper theilweise von einer hornigen, zweiklappigen Schale umschlossen wird. Dergleichen Schalen vorweltlicher Species kommen nun in gewissen Süsswasserbildungen in grosser Menge vor, und erscheinen als ganz k l e i n e, ovale oder elliptische Körper, welche oft erst unter der Loupe für das erkannt werden können, was sie eigentlich sind. Der Holzschnitt Nr. 63 zeigt die stark vergrösserten Bilder von *Cypris Valdensis* (Fig. 1, *a* Seitenansicht, *b* Vorderansicht, dazwischen die natürliche Grösse) und von *Cypris inflata* (Fig. 2, *a* und *b* wie vorher), die erste aus der Wealden- die andere aus der Steinkohlen-Formation. — *Cytherina* begreift ganz ähnliche, jedoch weit g r ö s s e r e Formen, welche sich in m a r i n e n Bildungen vorfinden und schon in mehr als 80 Species unterscheiden liessen.

Nr. 63.



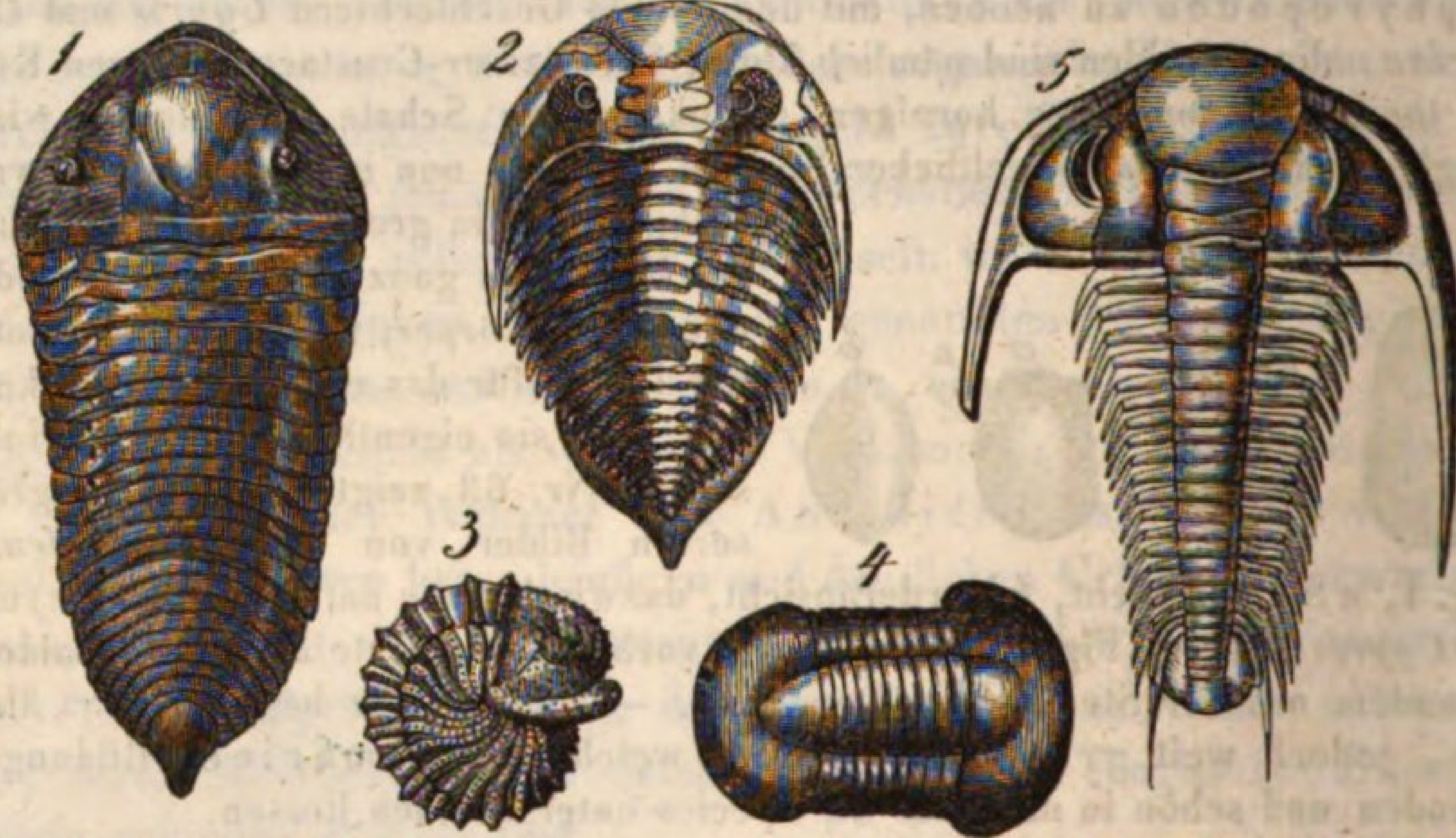
Eine der allerwichtigsten Familien aus der Ordnung der Entomostraceen, und in geognostischer Hinsicht unstreitig die interessanteste Abtheilung aus der ganzen Classe der Crustaceen ist die Familie der T r i l o b i t e n. Diese sehr zahlreichen und ganz sonderbar gestalteten Thiere, deren verschiedene Formen eine Abtheilung in viele Geschlechter nothwendig gemacht haben, bilden eine schon in den ä l t e s t e n Perioden g ä n z l i c h ausgestorbene Familie des Thierreiches, welche nach Buckland und Burmeister in ihrer Organisation den jetzigen Phyllopoden am nächsten gestanden und mit dem Geschlechte *Branchipus* die meiste Analogie gehabt zu haben scheint.

Die Trilobiten haben ihren allgemeinen Namen nach der d r e i l a p p i g e n Abtheilung ihres Körpers erhalten, welche sowohl nach der L ä n g e, in Kopfschild, Rumpf und Schwanzschild, als auch nach der B r e i t e, durch zwei mehr oder weniger tiefe Längsfurchen Statt findet. Sie kommen theils a u s g e s t r e c k t, theils e i n g e r o l l t vor, und sind grösstentheils mit (oft sehr wohl erhaltenen) hervorstehenden A u g e n versehen, welche vielfach zusammengesetzt sind, wie die Augen anderer Crustaceen und der Insecten. Das Vorkommen dieser Augen in einem so vollkommenen Erhaltungszustande, sagt Buckland, ist eine der merkwürdigsten Thatsachen, und ein eigenthümliches Gefühl muss uns ergreifen, wenn wir dieselben Gesichtsorgane vor uns liegen haben, durch welche vielleicht vor Millionen von Jahren das Licht des Himmels jenen ersten Bewohnern unsers Erdballs zugeführt wurde.

Die Formen der Trilobiten sind äusserst manchfaltig, was die Aufstellung vieler Geschlechter, als: *Trinucleus*, *Ogygia*, *Odontopleura*, *Bronteus*, *Paradoxides*, *Olenus*, *Conocephalus*, *Ellipsocephalus*, *Calymene*, *Homalonotus*, *Phacops*, *Proëtus*, *Illaenus*, *Asaphus*, *Sao* u. s. w. nothwendig gemacht hat. Indessen ist ganz neuerlich von Barrande an *Sao hirsuta* der Beweis geliefert worden, dass eine und dieselbe Species in verschiedenen Stadien

ihrer Entwicklung ein ganz verschiedenes Ansehen] besitzen kann, welche höchst interessante Thatsache bei ihrem weiteren Verfolge eine Reduction der Species und vielleicht selbst der Geschlechter zur Folge haben dürfte. Der nachstehende Holzschnitt

Nr. 64.



giebt die Bilder einiger Trilobiten, um dem Leser eine allgemeine Vorstellung ihrer Erscheinungsweise zu verschaffen.

Fig. 1. *Homalonotus delphinocephalus*, $1/3$ der nat. Grösse.
- 2. *Asaphus caudatus*, mit sehr deutlichen facettirten Augen.
- 3. *Calymene Blumenbachii*, eingerollt, von der Seite.
- 4. *Illaenus crassicauda*, $1/2$ der nat. Grösse.
- 5. *Paradoxides bohemicus*, $1/2$ der nat. Grösse.

Man kennt bereits über 400 Species von Trilobiten, welche grösstentheils in der Silurischen und Devonischen Formation auftreten, für welche sie daher im hohen Grade charakteristisch sind. Einige wenige Species finden sich im Kalksteine der Steinkohlenformation, und nur eine einzige zweifelhafte Species wird aus dem Zechsteine angeführt. Die ganze Familie ist daher nur auf die ältesten Formationen beschränkt.

Nächst den Trilobiten sind in der Classe der Crustaceen noch die eigentlichen Krebse (Decapoden) von Wichtigkeit, welche zuvörderst als langgeschwänzte und kurzgeschwänzte unterschieden und dann weiter in verschiedene Familien und Geschlechter gesondert werden. Es sind bereits über 200 Species von fossilen Decapoden bekannt, von welchen die meisten in der Juraformation, die übrigen in den Tertiärformationen, in der Kreideformation, und einige wenige im Muschelkalk vorkommen.

Die dritte Classe der Gliederthiere, nämlich die der Arachnoiden, hat bis jetzt nur wenige und seltene fossile Ueberreste geliefert, welche ebenfalls grösstentheils auf die neueren Tertiärformationen beschränkt sind.

Doch fand Sternberg einen Scorpion (*Cyclophthalmus* Corda) in der

Steinkohlenformation von Chomle bei Radnitz in Böhmen. Eigentliche Spinnen kennt man z. B. aus dem lithographischen Kalkstein von Solenhofen in Baiern, aus dem tertiären Mergelschiefer der Braunkohlenformation von Radoboj in Croatien, aus der gleichfalls tertiären Süsswasserbildung von Aix in der Provence und aus den Bernsteinen der Braunkohlenformation. Endlich sind auch einige Myriapoden oder Tausendfüsser bekannt.

Die vierte und letzte Classe der Gliederthiere, welche das in der Jetztwelt über 60000 Species zählende Heer der eigentlichen Insecten (Hexapoden) begreift, ist wieder reicher an vorweltlichen Formen, indem man deren bereits über 1500 kennt, welche zum grössten Theile in den Tertiärformationen, zum kleineren Theile in der Lias-, Jura- und Wealdenformation gefunden worden sind, während etwa zehn in der Steinkohlenformation, und ein paar in der Kreideformation vorkamen.

Nach der von Bronn gegebenen Uebersicht kannte man bis zum Jahre 1847 von Dipteren 355, von *Lepidopteren* 22, von *Hemipteren* 108, von *Thysanuren* 23, von *Orthopteren* 38, von *Neuropteren* 93, von *Hymenopteren* 65 und von *Coleopteren* oder Käfern 847 Species. Die neueren Forschungen von Oswald Heer über die Insektenfauna der Tertiärgebilde von Oeningen und Radoboj (1. Theil 1847 und 2. Theil 1849) haben neue Bereicherungen geliefert. Die vollkommensten Ueberreste von Insecten finden sich im Bernsteine. — Wie höchst interessant übrigens die fossilen Insecten für die Zoologie überhaupt und für die Entwicklungsgeschichte des Thierreiches insbesondere sind, wie wichtig die aus ihrer genaueren Untersuchung folgenden Resultate über das ehemalige Klima der betreffenden Gegenden erscheinen müssen, so haben sie doch für den Geognosten als paläontologische Merkmale insofern eine geringere Bedeutung, wiefern die sie einschliessenden Formationen theils durch andere organische Ueberreste, theils durch ihre Lagerungsverhältnisse hinreichend charakterisirt zu sein pflegen. Einen wesentlichen Antheil an der Bildung von Gesteinen kann man nur denen in den tertiären Süsswasserkalksteinen (z. B. von Centralfrankreich) vorkommenden, aus Sandkörnern und kleinen Schnecken, zumal Paludinen, bestehenden Gehäusen gewisser Phryganenlarven zuerkennen, welche allerdings zuweilen dermaassen angehäuft sind, dass sie einen bedeutenden Theil des Gesteins ausmachen. Man hat diese Larvengehäuse *Indusia tubulosa* und daher dergleichen Kalksteine selbst Indusienkalk genannt.

§. 234. *Fossile Wirbelthiere.*

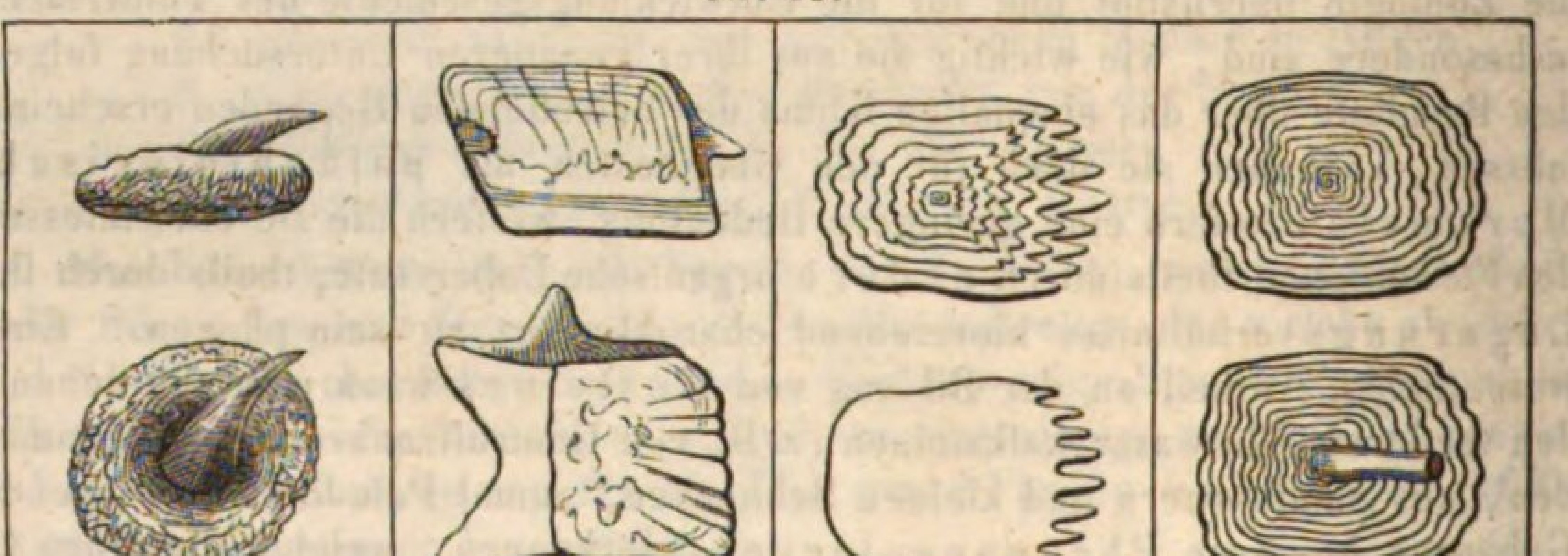
Von den fossilen Wirbelthieren sind es besonders die Fische und Reptilien, welche die Aufmerksamkeit des Geognosten in Anspruch nehmen, während die Vögel, wegen der grossen Seltenheit ihrer Ueberreste, die Säugethiere aber wegen ihres fast ausschliesslichen Vorkommens in den Tertiärformationen eine geringere chthonographische Wich-

tigkeit besitzen, wie grosses Interesse ihnen auch in paläontologischer und zoologischer Hinsicht zugestanden werden muss.

Was nun zuvörderst die Classe der Fische betrifft, so hat Agassiz in seinem bewundernswerthen Werke *Recherches sur les poissons fossiles* die Eintheilung derselben auf die Form der Schuppen gegründet, nicht nur weil die Hautbedeckung überhaupt in den genauesten Beziehungen zu dem Elemente steht, in welchem die Thiere leben, sondern auch weil gerade die Schuppen der Fische einen so sichern und beständigen Charakter abgeben, dass oft eine einzige derselben zur Bestimmung des Genus und selbst der Species hinreicht. Agassiz theilt demgemäss die Fische in die vier grossen Ordnungen der Placoiden, Ganoiden, Ktenoiden und Cycloiden. Dagegen hat Müller ein anderes natürliches System der Fische aufgestellt, welchem zufolge sie in die drei Abtheilungen der Teleosten oder Knochenfische, der Ganoiden oder Eckschupper, und der Selachier oder Knorpelfische zerfallen; dieses System ist auch von Giebel in seiner äusserst fleissig bearbeiteten Fauna der Vorwelt für die Fische zu Grunde gelegt worden.

Die charakteristische Schuppenform der vier, von Agassiz aufgestellten Ordnungen ist aus dem nachstehenden Holzschnitte Nr. 65 zu ersehen.

Nr. 65.



Placoiden. Ganoiden. Ktenoiden. Cycloiden.

Die Placoiden oder Kornschupper haben Schmelzplatten von sehr verschiedener Form, welche mehr oder weniger höckerig und bald gross bald sehr klein sind, in welchem letzteren Falle sie einen körnigen Chagrin, wie bei den Rochen und Hayen bilden.

Die Ganoiden oder Schmelzschupper haben rhomboidale, knöcherne oder hornige Schuppen, welche mit einer dicken Schmelzschicht bedeckt sind und daher eine sehr glänzende Oberfläche besitzen, wie bei den Stören.

Die Ktenoiden oder Kammschupper haben schmelzfreie Schuppen, welche an ihrem hinteren Rande kammartig gesägt oder gezahnt sind, wie bei dem Barsche.

Die Cycloiden oder Glattschupper endlich haben glatte schmelzfreie Schuppen, welche ganzrandig sind, wie bei dem Häring und Lachse.

Ein anderer wichtiger Unterschied der fossilen Fische giebt sich in der Ausbildung ihrer Schwanzflosse zu erkennen. Bei den meisten endigt nämlich die Wirbelsäule vor der Schwanzflosse, welche sich hinter derselben in zwei gleichen und symmetrischen Lappen ausbreitet. Bei gewissen Fischen aber (wie z. B. bei *Amblypterus, Palaeoniscus, Platysomus* u. a.) setzt die Wirbelsäule in den oberen Lappen der Schwanzflosse fort, was für diesen Lappen eine auffallend grössere Länge, und für die ganze Schwanzflosse eine unsymmetrische Gestalt zur Folge hat. Diesen Unterschied drückt Agassiz durch die Beiworte homocercal und heterocercal aus. Der nachstehende Holzschnitt

Nr. 66.



zeigt in Fig. 1 das hintere Ende eines heterocercalen, in Fig. 2 die Schwanzflosse eines homocercalen Fisches. Es ist merkwürdig, dass die sämmtlichen fossilen heterocercalen Fische nur in sehr alten Formationen, zumal in der Permischen Formation (z. B. im Mansfelder Kupferschiefer) vorkommen, weiter aufwärts aber verschwinden.

Die Ueberreste der Fische erscheinen oft ziemlich vollständig, entweder als ganze Skelete, oder als schuppige Bälge mit noch ansitzenden Flossen und Kopfe; in beiden Fällen sind sie theils so wenig verbogen und verdrückt, dass ihre Form noch sehr wohl zu erkennen ist, theils aber gestaucht und zusammengequetscht. Von sehr vielen Fischen aber sind bis jetzt nur einzelne Theile, besonders Zähne, Schuppen, Flossen und Flossenstacheln (Ichthyodorulithen) aufgefunden worden, von welchen namentlich die Zähne, wegen der Härte und Festigkeit ihrer Substanz, ganz vorzüglich zu einer langen Dauer geeignet waren, daher sie oft selbst in den ältesten Formationen ganz vortrefflich erhalten vorkommen. Der folgende Holzschnitt

Nr. 67.



giebt die Bilder verschiedener solcher Fischzähne aus der Familie der *Cestracionten*, welche theils Gaumen- theils Kieferzähne sind.

Fig. 1, Zahn von *Psammodus*, aus dem Kohlenkalkstein.
- 2, Zahn von *Acrodus*, aus dem Lias.

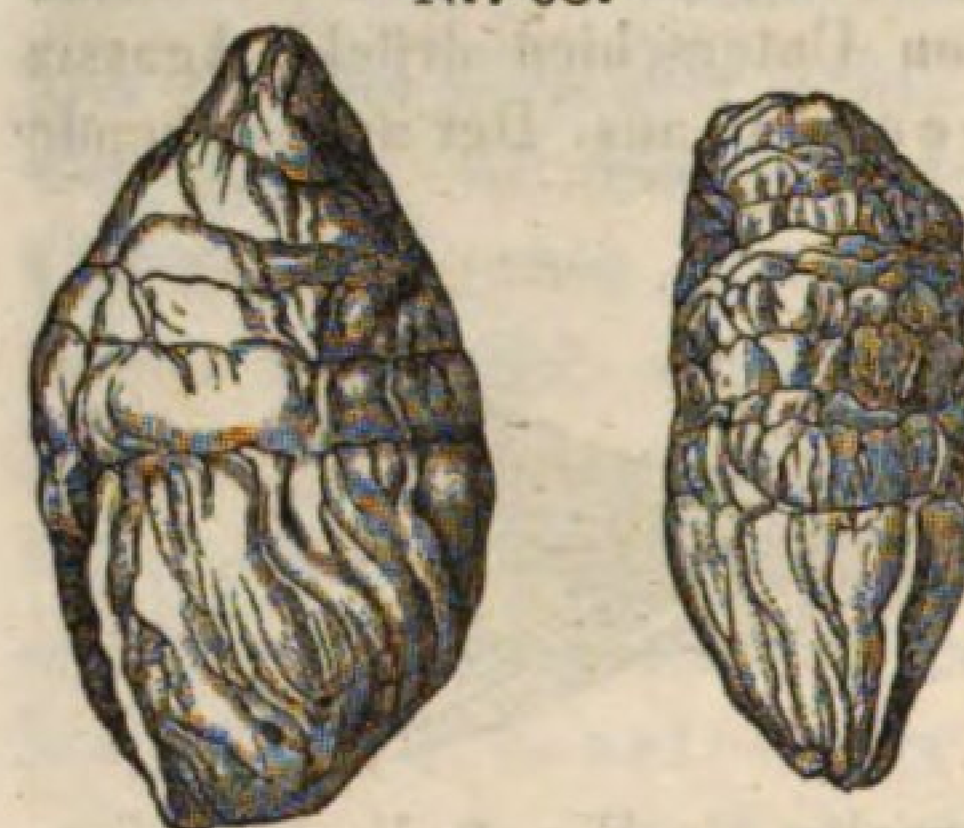
Fig. 3 und 4, Zahn von *Ptychodus*, von oben und von der Seite gesehen, aus der Kreideformation.

- 5 bis 7, Zähne verschiedener Arten von *Hybodus*, aus dem Lias.

- 8 - 10, Zähne von wahren Hayen, aus der Kreide und aus dem Londonthon.

Auch kommen von Fischen gar nicht selten Koprolithen oder fossile Excremente vor, welche gewöhnlich eine cylindrische oder zapfenförmige Gestalt und eine spiralförmig eingerollte Structur besitzen, oft noch die Eindrücke der Darmfalten und Gefässe zeigen, und bisweilen an denen in ihnen eingeschlossenen Schuppen diejenigen Fischarten erkennen lassen, welche den grösseren Fischen, von denen sie selbst abstammen, zur Nahrung gedient haben. Der nebenstehende Holzschnitt Nr. 68 zeigt einen grösseren solchen Koprolithen aus der Liasformation und einen kleineren aus der Kreideformation.

Nr. 68.



Dass auch zuweilen versteinerte Fischdärme oder Kololithen (z. B. im Kalkstein von Solenhofen) vorkommen, ist bereits oben S. 818 erwähnt worden; man hat sie früher für Würmer gehalten, bis Agassiz sie für wirkliche Gedärme von Fischen erkannte.

Man kennt gegenwärtig bereits über 1400 verschiedene Species fossiler Fische, von welchen sich 1100 auf völlig ausgestorbene, die übrigen auf noch jetzt lebende Geschlechter beziehen; sie gehen durch die ganze Reihe der Sedimentärformationen, obwohl nach Agassiz eine jede Formation nur ihr eigenthümliche Species umschliesst.

Die Classe der Reptilien oder Amphibien ist im Allgemeinen durch eine ausserordentliche Manchfaltigkeit ihrer Gestalten ausgezeichnet. Sie zerfällt in die vier Ordnungen der Batrachier, der Ophidier oder Schlangen, der Saurier oder Echsen, und der Chelonier oder Schildkröten, von welchen die ersteren nackt, die drei übrigen beschuppt oder bepanzert sind. Ueberreste von Schlangen sind äusserst selten; etwas häufiger finden sich dergleichen von Batrachiern und Cheloniern, am allerhäufigsten aber und in der grössten Manchfaltigkeit erscheinen die Reliquien der Saurier, welche bereits in 65 ausgestorbenen Geschlechtern bekannt sind, unter denen sich viele durch ihre abenteuerlichen Formen, und nicht wenige durch ihre colossalen Dimensionen auszeichnen.

Die Saurier erscheinen zuerst in der Steinkohlenformation, in welcher v. Dechen den, von Goldfuss als *Archegosaurus Decheni* bestimmten Stammvater aller Echsen auffand. In der Permischen Formation treten die drei Geschlechter *Proterosaurus, Palaeosaurus* und *Thecodontosaurus* auf; im Buntsandsteine und Muschelkalke erscheinen schon zahlreiche Geschlechter, unter

denen besonders *Nothosaurus*, *Dracosaurus*, *Mastodonsaurus* und *Labyrinthodon* zu erwähnen sind, von welchem letzteren auch höchst wahrscheinlich die Fusstapfen des sogenannten *Chirotherium* (S. 509) herrühren. Das Maximum ihrer Entwicklung erreichten jedoch die Saurier während der Periode der Lias- und Juraformation, in welcher sie nicht nur durch sehr viele Geschlechter, sondern auch innerhalb einiger derselben (wie z. B. in den Geschlechtern *Mystriosaurus*, *Plesiosaurus*, *Ichthyosaurus* und *Pterodactylus*) durch viele Species, zum Theil auch durch sehr zahlreiche Individuen repräsentirt werden. Die Kreideformation ist verhältnissmässig arm an Sauriern, und die Tertiärformationen sind besonders durch vorweltliche Krokodile ausgezeichnet.

Die Ueberreste der Amphibien bestehen zuvörderst theils in Skeleten, welche bisweilen ziemlich vollständig vorkommen, theils in grösseren oder kleineren Theilen derselben, theils in einzelnen Zähnen und Knochen. Von diesen letzteren bilden zumal die Wirbel der Ichthyosauren eine in der Liasformation ziemlich häufige Erscheinung. Sie haben beinahe die Gestalt eines Damenbretsteins, und zeichnen sich besonders dadurch aus, dass beide Gelenkflächen conisch vertieft sind, wie es beistehender Holzschnitt zeigt, welcher in Fig. *a* das vollständige Bild, in Fig. *b* den Querschnitt eines solchen Wirbels darstellt. Die Wirbel der Ichthyosauren sind also sehr ähnlich den Fischwirbeln, wie denn diese Thiere überhaupt zu den seltsamsten Geschöpfen der Vorwelt gehören, welche, wie Buckland sagt, die Schnauze des Meerschweins mit den Zähnen des Krokodils, den Kopf einer Eidechse mit den Wirbeln eines Fisches, und das Brustbein eines Schnabelthiers mit den Flossen eines Walfisches vereinigten, und in der Abenteuerlichkeit ihrer Form nur noch von den Plesiosauren und Pterodactylen übertroffen wurden.

Nr. 69.



Ausser den Skelet-Theilen kommen auch die soliden Hautbedeckungen der Schildkröten und Saurier, und die Koprolithen der letzteren vor, so wie endlich auf den Schichten einiger Formationen die Fusstapfen von Amphibien gefunden worden sind. Ueberhaupt aber kennt man gegenwärtig über 300 Species von vorweltlichen Amphibien, darunter nicht weniger als 176 Saurier und 72 Schildkröten.

Die Classe der Vögel hat bis jetzt nur sehr wenige fossile Ueberreste geliefert, und diese Ueberreste sind so fragmentar und mangelhaft, dass ihnen wenigstens noch keine geognostische Bedeutung zugestanden werden kann.

Doch sind gewisse Vögel früher erschienen, als die Säugethiere, da die oben, S. 509 erwähnten merkwürdigen und z. Th. colossalen Vogelfährten aus Connecticut und Massachusets in einer Sandsteinbildung vorkommen, welche, wo nicht dem Rothliegenden, so doch der Buntsandsteinformation entspricht. Andere vereinzelte Vogelreste haben sich in der Wealdenformation, mehre in der Kreideformation, die meisten aber in den Diluvialgebilden vorgefunden. Der Guano kann wohl nicht als ein fossiles, sondern nur als ein der Jetztwelt angehöriges Gebilde betrachtet werden, wie Pöppig sehr richtig gegen Girardin bemerkt.

Die Classe der Säugethiere endlich hat zwar schon eine recht bedeutende Anzahl von fossilen Species aufzuweisen, deren Ueberreste auch zum Theil in grosser Verbreitung und in ansehnlicher Menge angetroffen werden. Weil aber diese Säugethierreste, mit ganz einzelnen Ausnahmen, lediglich in den tertiären und quaternären oder diluvialen Formationen vorkommen, welche gewöhnlich durch andere, häufiger auftretende Fossilien, oder auch durch ihre Lagerungsverhältnisse schon hinreichend charakterisirt werden, so haben sie auch im Allgemeinen ein weit grösseres paläontologisches, als chthonographisches Interesse.

Es sind bisweilen ziemlich vollständige Skelete, gewöhnlich aber isolirte Skelet-Theile, zumal einzelne Knochen, Knochenfragmente und Zähne, welche als die wichtigeren Ueberreste von Säugethieren vorkommen. Die Knochen-Anhäufungen erlangen jedoch in gewissen Spaltenräumen und Höhlen eine solche Bedeutung, dass sie zur Bildung eigenthümlicher zoogener Gesteine, der sogenannten Knochenbreccien, beitragen. Auch sind im nördlichen Sibirien die Stosszähne und Knochen vorweltlicher Elephanten zuweilen dermaassen angehäuft, dass sie z. B. auf den Läckovschen Inseln ganze Schichten bilden helfen, und dass ein bedeutender Theil des in den Handel kommenden Elfenbeins von diesen fossilen Zähnen abstammt. Dass in denselben Gegenden sogar fast vollständige, noch mit Haut, Haaren und Fleischtheilen versehene Cadaver vorweltlicher Elephanten und Rhinocerote im Eise oder im gefrornen Diluvialboden gefunden worden sind, diess wurde bereits oben (S. 818) erwähnt.

Die ältesten bis jetzt bekannten Säugethierreste fanden sich ganz vereinzelt in dem Kalkschiefer von Stonesfield in England; sie fallen also nach Lonsdale in die ältere Periode der Juraformation, und rühren von Beutelthieren her. Auffallend ist es allerdings, dass in der späteren Kreideformation noch keine Spur von Säugethieren angetroffen wurde, während in der darauf folgenden Tertiärformation die Fauna derselben zu einer bedeutenden Entwickelung gelangt ist. Die ältesten Tertiärbildungen umschliessen jedoch sehr viele ausgestorbene Geschlechter, wie die Paläotherien, Anoplotherien u. a., wogegen sich in den neueren Tertiärbildungen eine Annäherung an die Fauna der Jetztwelt zu erkennen giebt, welche in der Diluvialformation immer auffallender wird, obgleich die geographische Verbreitung der Thiere auf damalige ganz andere klimatische Verhältnisse schliessen lässt, da Löwen und Hyänen, Elephanten und Rhinocerote noch zu jener Zeit selbst in Teutschland einheimisch waren.

Man kennt gegenwärtig fast 600 Species von fossilen Säugethieren, welche sich unter 185 Geschlechter vertheilen, von denen die Hälfte gänzlich ausgestorben ist. Die namentliche Aufführung der wichtigsten dieser Thierformen werden wir bei der Betrachtung der betreffenden Formationen geben.

Vierter Abschnitt.

Geotektonik.

§. 235. *Einleitung.*

Wie Jemand, der die Architektur eines Hauses kennen lernen will, die Form und das Material, die Stellung und die Verbindung seiner einzelnen Theile zu untersuchen hat, so liegt dem Geologen, bei der Erforschung der Architektur der äusseren Erdkruste, eine ganz ähnliche Aufgabe vor. Auch er wird sich die Fragen zu beantworten haben, aus welchem Materiale dieses Gebäude hauptsächlich besteht, in welchen Formen solches Material auftritt, wie diese Formen gegen einander gestellt und geordnet, wie sie mit einander verbunden und zusammengefügt sind. Indem wir nun alle diese Verhältnisse unter dem Namen der geotektonischen Verhältnisse (S. 229) zusammenfassen, können wir denjenigen Abschnitt der Geognosie, welcher sich mit ihnen beschäftigt, als Geotektonik oder Chthonotektonik bezeichnen.

Die erste und wichtigste Frage, nämlich die nach dem Materiale der äusseren Erdkruste, ist bereits durch die Petrographie beantwortet worden, in welcher wir wenigstens das vorherrschende Material, die eigentlichen Bausteine der Erdveste, kennen gelernt haben. Allein, wie in einem Hause ausser den vorwaltenden Stein- und Holzmassen auch noch anderes Material zu berücksichtigen ist, welches theils zur Befestigung theils zur Zierde desselben dient, so verhält sich diess auch mit der Erdkruste, zu deren Zusammensetzung ausser den eigentlichen Gesteinen auch noch manche andere Mineral-Aggregate beitragen, welche jedoch, wegen ihres Auftretens in kleineren Massen und in äusserst vielfältigen und wechselnden Combinationen nicht füglich mit jenen vorwaltenden Mineral-Aggregaten von ziemlich constanter Zusammensetzung zugleich in Betrachtung gezogen werden konnten. Es sind also nicht nur die in der Petrographie betrachteten Gesteine, sondern auch mancherlei ganz andere Mineral-Aggregate, welche das Material der Erdkruste bilden. Diese letzteren werden aber ihrem jedesmaligen Bestande nach durch die Mineralogie zu bestimmen sein, indem sich die Geognosie nur mit ihren anderweiten Verhältnissen beschäftigen kann.

Die Geotektonik hat nämlich die Formen und Dimensionen, die gegenseitige Stellung und Verknüpfung der die Erdkruste hauptsächlich

zusammensetzenden Gesteinsmassen und Mineral-Aggregate zu betrachten. Weil aber jene Gesteinsmassen, vermöge der ihnen zukommenden Gesteinsformen, und diese Mineral-Aggregate, vermöge ihrer oft complicirten Zusammensetzung auch eine innere Structur entfalten können, so bilden diese Structur-Verhältnisse gleichfalls einen Gegenstand der Geotektonik; und weil der ursprüngliche Bau der Erdkruste oft sehr bedeutende Störungen erlitten hat, so sind auch endlich diese Störungen in Betrachtung zu ziehen.

A. Gebirgsglieder und allgemeine Verhältnisse derselben.

§. 236. *Begriff und Eintheilung der Gebirgsglieder.*

Unter einem Gebirgsgliede*) versteht man eine jede wirklich anstehende, durch ihr Material wie durch ihre Form individualisirte Gesteins- oder Mineralmasse, welche zur Zusammensetzung eines grösseren Theiles der festen Erdkruste wesentlich mit beiträgt.

Dieser Begriff bedarf wohl einer kurzen Erläuterung. Zuvörderst fragt es sich, was wir unter einer anstehenden Gesteins- oder Mineralmasse zu denken haben. In der weitesten Bedeutung könnte man vielleicht sagen, dass es eine jede Gesteinsmasse sei, welche in ihrer Art und Weise ursprünglich durch Naturkräfte an Ort und Stelle abgelagert worden ist. Gewöhnlich aber versteht man darunter solche Massen, welche sowohl seitwärts als abwärts, oder doch wenigstens nach einer dieser Richtungen, mit gleichartigen oder verschiedenen Massen in einem stetigen und ursprünglichen Zusammenhange oder Verbande stehen.

Einzelne, auf dem Sande oder Lehmboden abgelagerte, oder aus ihm hervorragende Blöcke von Granit, Gneiss oder Kalkstein können daher, selbst wenn sie hausgross und grösser wären, nicht als anstehender Granit,

*) Das Wort Gebirge wird hier, wie bei dem Ausdrucke Gebirgsart (S. 415), nicht in topographischer, sondern in bergmännischer Bedeutung genommen. Allerdings ist es ein Uebelstand, dass ein und dasselbe Wort in so verschiedenen Bedeutungen gebraucht wird; auch würde ich mich lieber des Ausdruckes Terrainglied bedient haben, wenn er nicht gleichfalls in das Gebiet der Topographie hinüberstreifte. Wäre es nicht zu gewagt, immer neue und unerhörte Ausdrücke einzuführen, so dürfte vielleicht das Wort Vestenglied vorzuschlagen sein, da die Gebirgsglieder in der That die Glieder sind, aus welchen die Erdveste, die uns bekannte Erdkruste, zusammengesetzt ist.

Gneiss oder Kalkstein gelten. Dagegen wird eine Blockablagerung als solche, d. h. als eine Anhäufung von Felsblöcken, für anstehend zu erklären sein, sobald sie durch Naturkräfte an Ort und Stelle geschafft worden ist. Denn ein aus dem Sande herausragender Granitblock ist als das Gestein Granit zwar nicht anstehend; wohl aber ist er es als ein klastischer Gesteinskörper, sobald er sich noch in der Lage befindet, in welcher er ursprünglich abgesetzt wurde. Bei den meisten Gesteinsmassen lässt es sich in der That als ein Kriterium ihres wirklichen Anstehens betrachten, dass sie sowohl seitwärts als abwärts, oder doch wenigstens nach einer dieser Richtungen mit ausgedehnteren Massen derselben Art in einem festen und ursprünglichen Verbande stehen. Eine kleine, aus der Dammerde hervorragende Porphyr- oder Granitpartie ist folglich nur dann anstehender Porphyr oder Granit, wenn sie nach unten mit ausgedehnten Massen desselben Gesteines zusammenhängt, wenn sie nur der aus dem Sande auftauchende Theil einer grösseren Ablagerung von Porphyr oder Granit ist.

Von einem Gebirgsgliede setzen wir nun in allen Fällen voraus, dass es eine solche wirklich anstehende Gesteins- oder Mineralmasse sei. Allein diese Masse muss auch durch ihr Material wie durch ihre Form individualisirt sein, d. h. sie muss sich durch die Eigenthümlichkeit des sie bildenden Gesteines oder Mineral-Aggregates von den angränzenden, also von denen sie unterteufenden, bedeckenden oder einschliessenden Massen unterscheiden, oder doch wenigstens durch ihre Form und Begränzung als ein selbständiges Glied in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste zu erkennen geben.

Ein Granitgang, welcher im Glimmerschiefer oder Thonschiefer, ein Barytgang, welcher im Gneisse oder Buntsandsteine aufsetzt, ein Kalksteinlager, welches im Thonschiefer, ein Magneteisenerzstock, welcher im Gneisse eingelagert ist, ein System von Kalkstein-, oder Sandstein- oder Thonschieferschichten, und eine jede einzelne solche Schicht, eine Basalt- oder Phonolithkuppe, ein Lavastrom, ein Gletscher u. s. w. liefern uns also Beispiele von eben so vielen verschiedenartigen Gebirgsgliedern.

Endlich muss aber auch ein Gebirgsglied als ein wesentlicher Theil in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste hervortreten, und damit soll besonders ausgesprochen werden, dass seine Dimensionen einigermaassen bedeutend sein müssen, ohne dass jedoch eine bestimmte Maassgrösse angegeben werden kann, unter welche sie nicht herabsinken dürfen; indem es theils von der inneren Beschaffenheit des gegebenen Gebirgsgliedes selbst, theils von seinen Verhältnissen zu den umgebenden Gebirgsgliedern abhängt, ob dasselbe wirklich auf diesen Namen Anspruch machen kann.

Manche Gebirgsglieder haben eine ausserordentlich grosse Ausdehnung, indem sie ununterbrochen über viele Quadratmeilen verfolgt werden können, während andere nur einzelne Berge oder Hügel bilden, und noch andere mit

weit kleineren Dimensionen ausgebildet sind. Im Allgemeinen lässt sich voraussetzen, dass ein Gebirgsglied ein integrirender Theil des jedesmal vorliegenden Terrains, d. h. ein solcher Bestandtheil desselben sein müsse, welcher nicht entfernt werden könnte, ohne dadurch das Terrain selbst in seinem Bestande wesentlich zu verändern, oder wohl gar in seinem Verbande wankend zu machen.

Bei den äusserst verschiedenen Dimensionen, welche die Gebirgsglieder besitzen, wird es nothwendig, zuvörderst eine auf dieses Verhältniss gegründete Eintheilung derselben geltend zu machen. Wir unterscheiden sie daher nach der Grösse ihrer Dimensionen oder ihres Volumens überhaupt als vorherrschende und untergeordnete Gebirgsglieder, womit auch in den meisten Fällen die Selbständigkeit oder Unselbständigkeit ihres Auftretens ausgedrückt wird. Vorherrschende Gebirgsglieder (oder allgemeine Lagerstätten, wie sie Werner nannte) sind solche, welche mit sehr bedeutenden Dimensionen, und zwar besonders in bedeutender horizontaler, oder überhaupt nach zweien Richtungen erstreckter Ausdehnung erscheinen, ohne doch dabei eine sehr geringe verticale, oder nach der dritten Richtung gestreckte Ausdehnung zu besitzen, daher ihr Totalvolumen immer sehr gross ist, und sie als selbständige Glieder in der Zusammensetzung des betreffenden Theiles der Erdkruste zu betrachten sind. Untergeordnete Gebirgsglieder (oder besondere Lagerstätten nach Werner) dagegen sind solche, welche, verhältnissmässig zu denen sie begränzenden Gebirgsgliedern, mit geringen Dimensionen ausgebildet sind, daher ein kleines Totalvolumen besitzen, und weniger als selbständige, denn als untergeordnete Massen im Bereiche anderer, vorherrschender Gebirgsglieder auftreten.

Die vorherrschenden Gebirgsglieder sind es, welche ein gegebenes Terrain hauptsächlich constituiren, welche bei einem allgemeinen Ueberblicke desselben am meisten in das Auge fallen, welche das Colorit seiner Oberfläche, die Modalität seiner Reliefformen, überhaupt die ganze Physiognomie desselben bestimmen. Sie sind es auch, nach welchen die verschiedenen Formationen und Formations-Abtheilungen gar häufig benannt worden sind. Sie bestehen in allen Fällen aus wirklichen Gesteinen, während die untergeordneten Gebirgsglieder theils von Gesteinen, theils von anderen Mineral-Aggregaten gebildet werden.

Die Gebirgsglieder lassen sich aber auch einer anderen Eintheilung unterwerfen, welcher zufolge sie als geschichtete und als massige Gebirgsglieder unterschieden werden. Diese Eintheilung gründet sich auf den oben S. 499 hervorgehobenen Unterschied der geschichteten und der massigen Gesteine. Wir verstehen nämlich unter einem geschichteten

Gebirgsgliede ein solches, welches wesentlich aus geschichteten Gesteinen, unter einem massigen Gebirgsgliede dagegen ein solches, welches wesentlich aus massigen Gesteinen besteht.

Ein geschichtetes Gebirgsglied erscheint daher gewöhnlich als ein System von vielen Schichten, welche in regelmässiger Aufeinanderfolge zu einem grösseren Ganzen verbunden sind. Weil jedoch die Anzahl dieser Schichten ganz unbestimmt gelassen werden muss, weil solche bald grösser bald kleiner sein kann, und weder aufwärts noch abwärts einer Beschränkung unterliegt, so ergiebt sich, dass manche geschichtete Gebirgsglieder aus vielen hundert Schichten bestehen werden, während andere nur sehr wenige Schichten erkennen lassen. Ja, es kann sogar eine einzelne Schicht noch auf den Namen eines geschichteten Gebirgsgliedes Anspruch machen; nur wird solche niemals als ein vorherrschendes, sondern lediglich als ein untergeordnetes Gebirgsglied gelten können, wogegen sich die vielschichtigen Gebirgsglieder in desto höherem Grade als vorherrschende Gebirgsglieder darstellen werden, je grösser die Anzahl und die Mächtigkeit ihrer Schichten ist.

In Betreff dieser Eintheilung ist noch Folgendes zu bemerken: Geschichtete Gesteine sind solche, welche in der Regel, d. h. in allen, oder doch in den meisten Fällen, Schichtung erkennen lassen; massige Gesteine dagegen sind solche, welche in der Regel aller Schichtung ermangeln. Dieser Unterschied kann zwar in einzelnen Fällen aufgehoben sein; er lässt sich aber meistentheils sehr wohl rechtfertigen, sobald man dabei auf die allgemeinere Ausbildungsweise der Gesteine achtet. In den meisten Fällen ist er gleichbedeutend mit dem Unterschiede der hydrogenen oder sedimentären, und der pyrogenen oder eruptiven Gesteine. Die sedimentären Gesteine nämlich sind in der Regel geschichtet; die pyrogenen oder, wie man sie ihrer Entstehungsweise wegen genannt hat, die eruptiven Gesteine sind in der Regel massige Gesteine.

Die geschichteten Gebirgsglieder bestehen entweder aus gleichartigen oder aus ungleichartigen Schichten; im letzteren Falle pflegen es gewöhnlich zweierlei Gesteine zu sein, deren Schichten in beständiger Abwechslung mit einander verbunden sind. Carl v. Raumer hat dieses Verhältniss mit dem Ausdrucke der Wechsellagerung bezeichnet, welcher auch, als vollkommen entsprechend, allgemeine Aufnahme gefunden hat. So bestehen manche geschichtete Gebirgsglieder aus wechsellagernden Schichten von Kalkstein und Mergelschiefer (z. B. der Liaskalkstein); andere aus wechsellagernden Schichten von Conglomerat, Sandstein und Schieferletten (wie z. B. sehr häufig das Rothliegende).

Die massigen Gebirgsglieder lassen gewöhnlich keine specifisch verschiedenen Gesteine erkennen, obwohl ihr Gestein an verschiedenen

Punkten in sehr verschiedenen Varietäten ausgebildet sein kann. Eine regelmässige Vertheilung oder Abwechslung dieser Varietäten pflegt jedoch nicht Statt zu finden.

Was die Formen der Gebirgsglieder anlangt, so sind solche ausserordentlich verschieden, und grossentheils so abhängig von ihren Structur- und Lagerungs-Verhältnissen, dass sie sich erst später ausführlicher betrachten lassen werden. An gegenwärtigem Orte mag daher nur im Allgemeinen auf folgende Formen verwiesen werden.

1) Parallelmassen; Gesteinsmassen oder Mineral-Aggregate von indefiniter Ausdehnung, welche hauptsächlich von zwei parallelen, oder doch ungefähr gleichlaufenden Flächen begränzt werden (S. 496); eine ganz gewöhnliche Form, welche zumal bei sehr vielen untergeordneten Gebirgsgliedern als die herrschende zu betrachten ist, und bei allen Schichten, Lagern und den meisten Gängen angetroffen wird.

2) Decken (*nappes*); Gebirgsglieder, welche über grosse Flächen nach allen Richtungen mehr oder weniger horizontal abgelagert und ausgebreitet sind; sie haben oft eine bedeutende Mächtigkeit, und kommen eben so wohl bei massigen wie bei geschichteten Gesteinen vor.

3) Zonen; geschichtete Gebirgsglieder, welche nach zwei Dimensionen, von denen die eine horizontal, die andere mehr oder weniger stark geneigt ist, eine bedeutende Ausdehnung besitzen, wobei jedoch die horizontale Dimension sehr vorwaltet.

4) Stöcke (*amas*); Gebirgsglieder, welche entweder nach zwei, oder auch nach allen drei Dimensionen bedeutend, im ersteren Falle aber auch nach der dritten Dimension nicht unbedeutend ausgedehnt sind. Diese Form kommt sehr häufig bei untergeordneten, nicht selten auch bei vorherrschenden Gebirgsgliedern vor; nach Maassgabe ihrer besonderen Configuration unterscheidet man die Stöcke als:

Lenticularstöcke; sie haben ungefähr eine linsenförmige Gestalt;

Sphenoidische Stöcke; sie haben eine keilförmige Gestalt;

Ellipsoidische Stöcke; sie haben ungefähr die Form eines Ellipsoides;

Amorphe oder typhonische Stöcke, von ganz unregelmässiger Gestalt.

5) Kuppen; Gebirgsglieder von pyramidaler, kegelförmiger, glockenförmiger oder ähnlich aufragender Form, welche theils ursprünglich

in dieser Form abgelagert wurden, theils in Folge späterer Erhebungen oder Erosionen dazu gelangt sind.

6) Ströme; Gebirgsglieder, welche nach einer Dimension vorwaltend ausgedehnt sind, und sich von einem vulcanischen Eruptionspunkte oder von einem ewigen Schneefelde abwärts erstrecken; hierher gehören die Lavaströme und die Gletscher.

Manche Gebirgsglieder sind hier und da an ihren Gränzen mit eigenthümlichen Ausläufern versehen, welche zwar sehr verschiedene, gewöhnlich aber plattenförmige oder keilförmige Gestalten, und keine sehr bedeutenden Dimensionen besitzen, weshalb sie wie blose Anhängsel, gleichsam wie Schösslinge der betreffenden Gebirgsglieder erscheinen. Man kann sie vielleicht unter dem allgemeinen Namen Apophysen der Gebirgsglieder begreifen. Wenn sie grössere Dimensionen erreichen, so können sie die Bedeutung von untergeordneten Gebirgsgliedern gewinnen, welche jedoch immer als Dependenzen anderer, grösserer Gebirgsglieder erscheinen, von denen sie auslaufen, und mit denen sie in unmittelbarem Zusammenhange stehen. Diese Apophysen lassen sich nach Maassgabe ihrer besonderen Gestalt als keilförmige, trümerförmige, plattenförmige, ungestaltete Apophysen unterscheiden. In ihren Querschnitten erscheinen sie wie Bänder, Adern, spitzwinkelige Vorsprünge u. s. w., und bisweilen können sie in einer solchen Weise entblöst vorliegen, dass sie sich wie scheinbar abgetrennte Theile desjenigen Gebirgsgliedes darstellen, mit welchem sie nach anderen Richtungen stetig verbunden sind.

§. 237. *Contactverhältnisse der Gesteine.*

Unter den mancherlei Relationen der Gebirgsglieder sind besonders zwei, nämlich die Verhältnisse ihres Contactes und ihrer Lagerung, von sehr grosser Wichtigkeit.

Mit dem Ausdrucke Contactverhältnisse bezeichnen wir alle, bei dem Zusammentreffen zweier Gesteinskörper unmittelbar an ihrer Gränze wahrnehmbare Erscheinungen. Es sind theils materielle, theils formelle Verhältnisse, welche hierbei in Rücksicht kommen.

A. Materielle Verhältnisse im Contacte zweier Gesteinskörper.

a) Gesteinsbeschaffenheit.

Es ist nicht selten der Fall, dass zwei verschiedenartige Gesteinsmassen an ihrer Gränze durch allmälige Uebergänge so stetig in einander

verlaufen, dass gar keine scharfe Demarcationsfläche angegeben werden kann, und die Gränze unbestimmt gelassen werden muss. Ein derartiger Uebergang ist z. B. zwischen Granit und Syenit, zwischen Granit und Gneiss an vielen Orten beobachtet worden. In allen solchen Fällen kann eigentlich von einem Contacte der beiderlei Gesteinsmassen kaum die Rede sein, weil ihre Verschiedenheit durch ein neutrales Zwischenglied ganz allmälig ausgeglichen wird. Die Anerkennung und Nachweisung von Contactverhältnissen setzt allemal eine räumliche Discontinuität oder doch wenigstens eine erkennbare Demarcationsfläche beider Gesteinsmassen voraus, welche übrigens eben sowohl von gleichartigen als von ungleichartigen Gesteinen gebildet werden können.

Aber auch unter Voraussetzung dieser Bedingung finden wir sehr häufig, dass jedes der beiden Gesteine, oder wenigstens dass eines derselben in der Nähe der Gränzfläche eine mehr oder weniger auffallende Veränderung seiner gewöhnlichen Beschaffenheit zeigt. Dahin gehören z. B. alle jene Veränderungen, welche so viele Gesteine im Contacte mit pyrogenen Gesteinen erlitten haben; also die Verdichtungen, Erhärtungen, Umkrystallisirungen, Imprägnationen u. s. w., wie solche in der Allöosologie der Gesteine S. 773 ff. betrachtet worden sind. Umgekehrt beobachten wir aber auch nicht selten eine Modification in der Beschaffenheit des pyrogenen Gesteins, welche in einer, von dem angränzenden Gesteine ausgegangenen Einwirkung begründet war, und sich als eine Veränderung theils seiner Textur, theils seiner mineralischen Zusammensetzung zu erkennen giebt.

So werden z. B. grobkörnige Granite, Diabase, Hypersthenite u. s. w. oft feinkörnig, an Einsprenglingen reiche Porphyre oft sehr arm daran im Contacte mit anderen Gesteinen. Besonders die Apophysen der grösseren Gebirgsglieder pyrogener Gesteine lassen häufig sehr auffallende Veränderungen der Gesteinsbeschaffenheit erkennen. Dass aber diese Erscheinungen nicht in die Kategorie des Metamorphismus gezogen werden können, sofern sie nämlich bei der anfänglichen Erstarrung und Bildung des pyrogenen Gesteins zur Ausbildung gelangt sind, diess ist bereits oben S. 755 bemerkt worden.

In sehr vielen Fällen finden wir jedoch, dass beide Gesteine bis unmittelbar an die Gränzfläche ihre gewöhnliche Beschaffenheit ganz unverändert behaupten, oder doch dass die etwa wahrnehmbaren Veränderungen von der Art sind, wie sie nicht durch eine gegenseitige oder einseitige Einwirkung der Gesteine selbst, sondern lediglich durch andere, secundäre Ursachen, z. B. durch Infiltration von Wasser, durch Verwitterung und dergleichen erklärt werden können.

b) Gesteinsverbindung.

Was die Verbindung oder Verknüpfung der Gesteine im Contacte betrifft, so findet solche entweder mit Ablosung oder mit Verwachsung Statt. Im ersteren Falle werden beide Gesteine durch eine förmliche Fuge von einander getrennt, welche sich, wenn sie auch völlig geschlossen sein sollte, doch dadurch zu erkennen giebt, dass beide Gesteine in ihr gar nicht oder nur äusserst wenig adhäriren, daher es schwer oder geradezu unmöglich ist, ein Gränzstück zu schlagen, weil die Gesteine durch die Erschütterung des Schlages längs der Fuge von einander springen. Findet dagegen eine wirkliche Verwachsung Statt, so ist gar keine räumliche Discontinuität mehr vorhanden, und beide Gesteine trennen sich durch den Schlag des Hammers gar nicht oder doch schwieriger.

Häufig werden auch zwei Gesteinskörper an ihrer Gränze durch eine Zwischenbildung getrennt, welche in ihrer Natur von ihnen mehr oder weniger abweicht. Diess ist besonders der Fall bei manchen geschichteten Gebirgsgliedern, deren einzelne Schichten durch dünne Zwischenlagen, und bei vielen Gängen, welche vom Nebengesteine durch sogenannte Bestege abgesondert werden.

B. Formelle Verhältnisse im Contacte zweier Gesteinskörper.

a) Form der Contactfläche.

Die Contactflächen zweier Gesteinsmassen sind sehr häufig ebenflächig oder doch dergestalt ausgedehnt, dass sie wenigstens an jedem einzelnen Beobachtungspunkte keine sehr auffallenden Abweichungen von einer Ebene erkennen lassen. Es ist diess z. B. der gewöhnliche Fall im Contacte zweier Schichten eines und desselben Schichtensystemes, im Contacte eines Ganges mit seinem Nebengesteine. Allein von diesem einen Extreme ausgehend, begegnen wir allen möglichen Formen und Graden der Unregelmässigkeit, und erreichen endlich als zweites Extrem solche Contactflächen, deren Regellosigkeit jede Beschreibung unmöglich macht. Dergleichen unregelmässige Contactflächen kommen besonders im Contacte massiger Gesteine mit geschichteten oder mit anderen massigen Gesteinen vor.

b) Relative Lage der Contactfläche.

Die relative Lage der Contactfläche gegen die Structurflächen der an einander gränzenden Gesteinskörper ist ein Verhältniss, auf welches sich der sehr wichtige Unterschied des normalen und abnormen Gesteinsverbandes gründet; ein Unterschied, dessen Bedeutung schon

lange erkannt worden ist, und auf welchem einige der wichtigsten Begriffe der Geognosie beruhen.

Normaler Gesteinsverband oder normale Junctur findet Statt, wenn die Contactfläche den Structur- oder Schichtungsflächen beider Gesteine parallel ist.

Diese Junctur kommt ausserordentlich häufig vor, und ist z. B. zwischen den Schichten eines und desselben Schichtensystems durchgängig anzutreffen, so dass eine Schicht mit der anderen auf diese Weise verbunden erscheint. Es wird dabei freilich vorausgesetzt, dass beide Gesteinsmassen mit Parallelstructur und Schichtung versehen sind; sollte also eine derselben dieser Eigenschaften ermangeln, so bleibt der Fall zwar eigentlich zweifelhaft, kann aber doch häufig noch als normale Junctur interpretirt werden. Sollte discordante Parallelstructur (S. 486) oder transversale Schieferung (S. 516) vorhanden sein, so sind statt der Structurflächen lediglich die wahren Schichtungsflächen zu berücksichtigen. Der normale Gesteinsverband verweist immer auf eine ruhige und regelmässige Ablagerung der einen Gesteinsmasse auf der anderen.

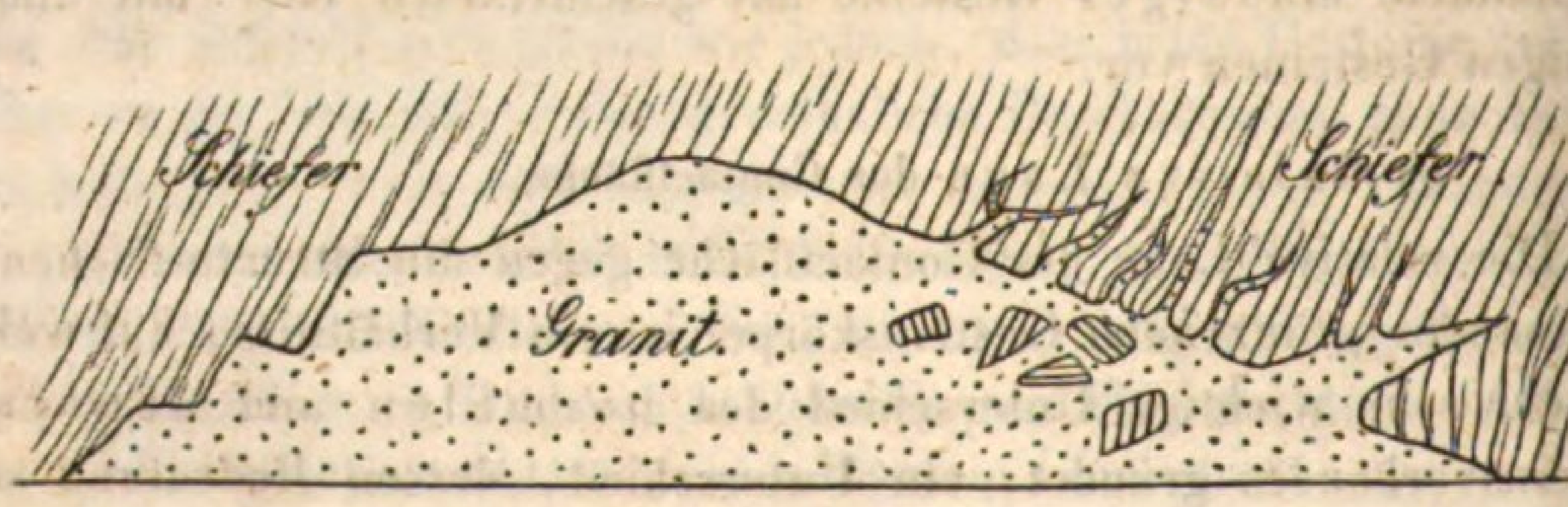
Abnormer Gesteinsverband oder abnorme Junctur findet Statt, wenn die Contactfläche in ihrer ganzen Ausdehnung, oder doch stellenweise auf bedeutendere Strecken, die Structur- oder Schichtungsflächen beider Gesteine, oder doch wenigstens eines desselben durchschneidet.

Dieser Gesteinsverband kann zwischen zwei geschichteten Gesteinen vorkommen und fällt dann mit der später zu erwähnenden discordanten Lagerung zusammen; besonders häufig und in den manchfaltigsten Formen findet er sich aber im Contacte massiger und geschichteter Gesteine. Ist keines von beiden Gesteinen mit Parallelstructur und Schichtung versehen, so ist die Junctur gleichfalls in der Regel als eine abnorme zu betrachten. Die wichtigsten Modalitäten, unter denen sich diese Junctur ausgebildet findet, sind aber folgende:

1) Abnorme Junctur mit ebener Gränzfläche; sie kommt gar nicht selten vor, wo ein Gestein das andere gangartig durchsetzt; Porphyrgänge im Granit bei Meissen, Basaltgänge im Sandstein oder Kalkstein.

2) Abnorme Junctur mit unebener Gränzfläche; sehr häufig.

3) Abnorme Junctur mit gebrochener Gränzfläche; die Gränzfläche bildet bald ausspringende bald einspringende Winkel, zeigt auffallende Convexitäten und Concavitäten, Protuberanzen und Buchten, hat überhaupt



einen ganz unregelmässigen und gebrochenen Verlauf, etwa so, wie es vorstehender Holzschnitt auf der linken Seite darstellt.

4) Abnorme Junctur mit ramificirender Gränzfläche; von dem einen Gesteine laufen theils gerade, theils gewundene, einfache oder verzweigte, keilförmige, trümerförmige, plattenförmige Apophysen in das andere Gestein aus, so dass das letztere gleichsam von Wurzeln oder Verzweigungen des ersteren durchflochten erscheint; wie es die rechte Seite des vorstehenden Holzschnittes zeigt.

Von diesen verschiedenen Juncturen finden sich gar nicht selten an verschiedenen Punkten einer und derselben Gesteinsgränze zwei oder mehre zugleich ausgebildet. Auch kommt es vor, dass eine abnorme Gesteinsgränze stellenweise in eine normale Lage übergeht; dann ist jedoch die Junctur überhaupt immer als eine abnorme zu betrachten, indem die hier und da vorkommende normale Ausbildung derselben nur als zufällig gelten kann, wenn sie auch bisweilen auf weite Strecken hin fortsetzen sollte.

Uebrigens verweist uns die abnorme Junctur in allen Fällen entweder auf eine zeitliche Discontinuität der Bildung, oder auf eine später eingetretene Störung der ursprünglichen Ordnung.

§ 238. *Lagerung der Gebirgsglieder.*

Unter der Lagerung eines Gebirgsgliedes versteht man die relative Stellung seiner Massen zu den Massen der angränzenden Gebirgsglieder, zumal in verticaler Richtung.

Das Gesetz der horizontalen Ausbreitung, welchem die meisten Gebirgsglieder bei ihrer Bildung mehr oder weniger unterworfen waren, liegt eigentlich dem allgemeinen Begriffe der Lagerung zu Grunde. Da nun die in einer und derselben Gegend successiv abgelagerten Massen, vermöge jenes Gesetzes, über oder unter einander gelagert erscheinen müssen, so pflegt auch die gegenseitige Lagerung der Gebirgsglieder zunächst und vorzugsweise in der Richtung der Verticale aufgesucht und bestimmt zu werden.

Ueberhaupt aber setzt der Begriff der Lagerung allemal ein gewisses Abhängigkeits-Verhältniss der betreffenden Gesteins- oder Mineralmassen von anderen Massen voraus, da jeder Gesteinsmasse ihre Lagerung nothwendig durch andere, präexistirende Massen vorgeschrieben worden sein muss. Von diesem allgemeineren Gesichtspunkte aus lassen sich nun für die verschiedenen Gebirgsglieder besonders folgende Modalitäten der Lagerung unterscheiden.

a) Auflagerung; das Gebirgsglied ist in seiner Lagerung wesentlich nur durch die unter ihm liegenden, präexistirenden Massen bestimmt worden, über welchen sich dasselbe abgelagert hat.

b) Durchgreifende Lagerung; das Gebirgsglied ist in seiner Lagerung wesentlich zugleich durch die unter und über ihm (oder auch zu beiden Seiten) befindlichen präexistirenden Massen bestimmt worden, zwischen welchen sich dasselbe abgelagert hat.

c) Untergreifende Lagerung; das Gebirgsglied ist in seiner Lagerung wesentlich durch die über ihm liegenden präexistirenden Massen bestimmt worden, unter welchen sich dasselbe abgelagert hat.

d) Umschlossene Lagerung; das Gebirgsglied ist in seiner Lagerung nach allen Seiten von denen dasselbe ringsum einschliessenden, präexistirenden oder coexistirenden Massen bestimmt worden.

Von diesen vier Modalitäten der Lagerung sind unstreitig die beiden ersteren die wichtigsten, die am häufigsten in der Natur vorkommenden, weshalb wir ihnen unsere ganz besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden haben, während über die beiden letzteren nur noch wenige Worte der Erläuterung zu geben sind.

a) Auflagerung.

Eine in theoretischer wie in praktischer Hinsicht äusserst wichtige Frage ist und bleibt es jederzeit, ob irgend ein Gebirgsglied unter oder über den angränzenden Gebirgsgliedern gelagert ist, ob es also von diesen letzteren aus in der Verticale aufwärts oder abwärts zu suchen ist. Durch die Beantwortung dieser Frage, welche namentlich auch für die vorherrschenden Gebirgsglieder eine sehr grosse Bedeutung gewinnt, wird in den meisten Fällen die eigentliche bathrologische*) Stelle eines jeden Gebirgsgliedes, d. h. seine Stelle in der naturgemässen Reihenfolge der Formationen überhaupt bestimmt; und daraus ist es erklärlich, warum die Begriffe der Auflagerung und Unterlagerung eine so vorzügliche Wichtigkeit erlangen.

Es kann jedoch ein und dasselbe Gebirgsglied *A* zu einem und demselben zweiten Gebirgsgliede *B* an verschiedenen Stellen verschie-

*) Von βάθρον, die Stufe, der Sitz; weil die normale Stufe, welche das betreffende Gebirgsglied in der Stufenleiter der Formationen einnimmt, und also auch Dasjenige, was möglicherweise über oder unter ihm zu suchen ist, durch diese Verhältnisse hauptsächlich bestimmt wird. Der Ausdruck bathrologisch scheint mir das Wesen der Sache richtiger zu bezeichnen, als der oft in gleichem Sinne gebrauchte Ausdruck stratigraphisch.

dene, und einander zum Theil widerstreitende Lagerungsverhältnisse zeigen, und deshalb ist es wichtig, die gesetzmässige und die anomale Lagerung zu unterscheiden. Gesetzmässige oder ursprüngliche Lagerung ist diejenige, welche ein Gebirgsglied in dem grössten Theile seines Verbreitungsgebietes wahrnehmen lässt; anomale oder verkehrte Lagerung dagegen ist diejenige, welche dasselbe nur ausnahmsweise, an einzelnen Punkten und Strichen seines Verbreitungsgebietes zeigt.

Ein Gebirgsglied *A* ist also einem anderen Gebirgsgliede *B* gesetzmässig aufgelagert, wenn es in dem grössten Theile seines Verbreitungsgebietes unmittelbar über ihm liegt. Der Pläner, eine im Bassin von Dresden sehr verbreitete Bildung, ist z. B. dem dasigen Syenit-Granite grösstentheils aufgelagert; allein an einzelnen Puncten, z. B. bei Oberau und Weinböhla, findet das Gegentheil Statt, was nur als eine locale Anomalie zu betrachten ist. Die Buntsandstein-Formation liegt fast durchgängig über der Zechsteinformation; am südwestlichen Fusse des Thüringer Waldes jedoch, zwischen Suhl und Hessisch-Steinbach, liegt der Zechstein über dem Buntsandsteine; jenes ist die gesetzmässige, dieses eine anomale Lagerung. Und so liessen sich aus anderen Gegenden und von anderen Formationen zahlreiche Beispiele anführen, welche eine stellenweise Umkehrung der gesetzmässigen Lagerung darthun.

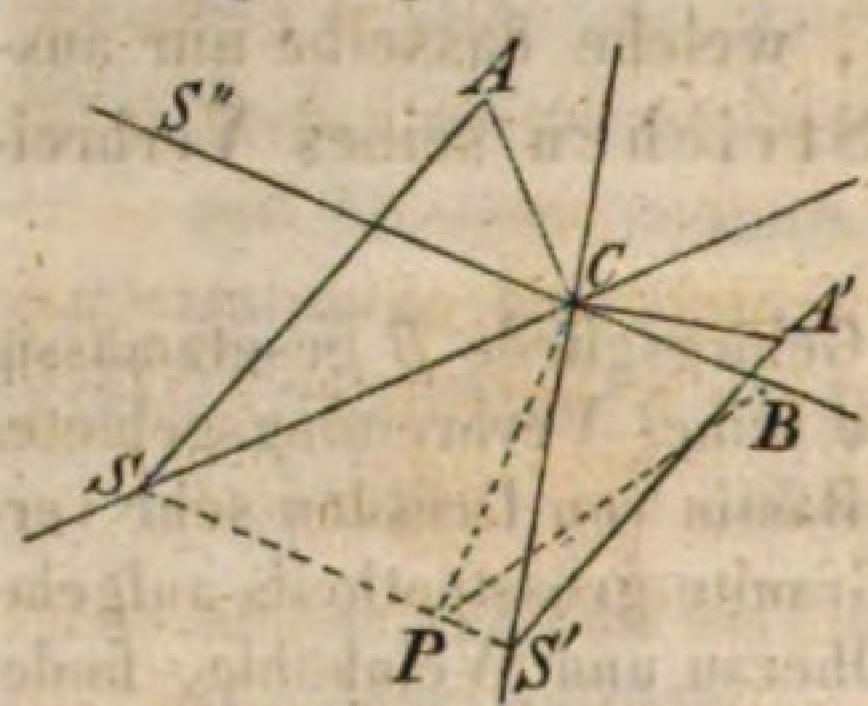
Diejenige Fläche, in welcher ein aufgelagertes Gebirgsglied mit den unterliegenden Massen in Berührung steht, nennt man die Auflagerungsfläche, und jeden Durchschnitt dieser Auflagerungsfläche mit der Erdoberfläche, oder auch mit künstlichen Entblösungsflächen (in Steinbrüchen, Bergwerken u. s. w.) eine Auflagerungslinie.

Die Bestimmung der Lage der Auflagerungsfläche zwischen zweien Gebirgsgliedern bildet eine der wichtigsten Aufgaben für den Geognosten. Es ist nicht immer der Fall, dass die Auflagerungsfläche als solche in hinreichender Entblösung vorliegt; oft sieht man nur Auflagerungslinien, und man muss daher aus dem Verlaufe dieser Linien auf die Lage der Auflagerungsfläche zu schliessen wissen.

Wo es hierbei auf keine sehr genaue Bestimmung ankommt, da ist dieselbe gewöhnlich leicht nach dem Augenmaasse zu geben. Befindet man sich z. B. in einem Thale, durch welches die Gränze zweier Gesteine hindurchsetzt, so wird man besonders darauf zu achten haben, ob die an beiden Gehängen hinlaufenden Auflagerungslinien thalaufwärts oder thalabwärts fallen; nach derselben Richtung wird auch die Auflagerungsfläche einschiessen, und daher entschieden werden, ob das thalaufwärts oder thalabwärts anstehende Gestein das aufgelagerte ist.

Sobald es aber auf eine genauere Bestimmung ankommt, da ist es gerathen, mit einem Dioptercompasse von einem Gränzpunkte des einen Gehänges nach zweien oder mehren Gränzpunkten des anderen Gehänges zu visiren,

und das Streichen und Fallen der Visirlinien zu beobachten, aus welchen Elementen sich dann die Lage der Auflagerungsfläche durch Construction oder durch Rechnung bestimmen lässt. Hat man z. B. von einem Gränzpunkte nach zwei anderen Gränzpunkten visirt, und für die beiden Visirlinien das Streichen *s* und *s'*, das Fallen *f* und *f'* gefunden, so ist die graphische Lösung der Aufgabe ganz einfach folgende.



Man trägt auf dem Papiere die beiden Streichlinien *CS* und *CS'* ein, die sich in dem Puncte *C* schneiden, welcher die Horizontalprojection des Beobachtungspunktes darstellt. In *C* errichtet man die beiden Normalen dieser Streichlinien, und nimmt *CA* = *CA'*; hierauf legt man an *AC* von *A* aus das Complement des Fallwinkels *f*, an *A'C* von *A'* aus das Complement des Fallwinkels *f'*, so bestimmen sich die beiden Punkte *S* und *S'*. Man zieht die *SS'*, und legt durch *C* mit ihr parallel die *CS''*, so ist diess die gesuchte Streichlinie der Auflagerungsfläche. Endlich fällt man von *C* auf *SS'* die Normale *CP*, macht *CB* = *CA'*, und zieht *BP*, so ist *BPC* der gesuchte Fallwinkel, und *CP* die Fallrichtung der Auflagerungsfläche.

Man pflegt auch da, wo ein Gebirgsglied dem anderen aufgelagert ist, zu sagen, dass das erstere das andere überlagert, und das letztere jenes unterteuft. Wenn zwischen zweien (gewöhnlich vorherrschenden) Gebirgsgliedern *A* und *C*, ein drittes (untergeordnetes) Gebirgsglied *B* regelmässig eingeschaltet ist, so dass *B* auf *A*, und *C* auf *B* liegt, so nennt man das mittlere ein eingelagertes oder ein zwischengelagertes Gebirgsglied, je nachdem *A* und *C* von gleichartiger oder von ungleichartiger Natur sind. Einlagerung und Zwischenlagerung sind also ein paar mit der Auflagerung sehr nahe verwandte Begriffe. In Bezug auf ein solches eingeschaltetes Gebirgsglied unterscheidet man das aufliegende und das unterliegende Gestein durch die Ausdrücke Hangendes und Liegendes. Doch wird dieser Unterschied auch oft bei einem einzelnen Gebirgsgliede, z. B. bei einem einzigen Schichtensysteme, geltend gemacht, indem man den von der Auflagerungsfläche entfernteren Theil desselben das Hangende, den der Auflagerungsfläche näheren Theil das Liegende nennt.

b) Durchgreifende Lagerung.

Der schon lange bekannte und angewendete Begriff dieser Lagerung ist zuerst im Jahre 1812 von Heinrich Ström, in seiner vortrefflichen Abhandlung über den Granit*), unter diesem Namen eingeführt worden;

*) Diese Abhandlung, welche Ström während seines Aufenthaltes an der Freiberger Bergakademie verfasste, gehört mit zu dem Vorzüglichsten, was jemals über die Freiberger Gegend gedruckt worden ist. Sie steht in Leonhards Taschenbuch für Min. 1814, S. 53 ff. und liefert den Beweis, dass Ström seine gründlichen Beobachtungen auch meisterhaft zu interpretiren verstand. Desungeachtet ist diese Arbeit lange fast unbeachtet geblieben.

und in der That drückt er vollkommen das aus, was diese Lagerung auf eine so merkwürdige Weise auszeichnet. Gebirgsglieder von durchgreifender Lagerung setzen nämlich quer durch andere Gebirgsglieder hindurch, wie fremdartige eingeschobene Massen, deren Hangendes und Liegendes gewöhnlich ein und dasselbe Gestein ist, während sie selbst zu diesen angränzenden Massen in gar keiner wesentlichen und nothwendigen Beziehung stehen. Daher kann ein solches Gebirgsglied durch mehre ganz verschiedenartige Gebirgsglieder hindurchsetzen, und dennoch innerhalb eines jeden derselben seine Eigenschaften ganz unverändert behaupten. Diese Unabhängigkeit ist ein wesentlicher Charakter der mit durchgreifender Lagerung ausgebildeten Gebirgsglieder.

Was ihre Formen betrifft, so erscheinen sie bald als regelmässige Parallelmassen, bald als sehr unregelmässig gestaltete Gesteinskörper; ihre Gränzflächen aber lassen alle die Verschiedenheiten der Ausbildung erkennen, welche oben S. 908 als Modalitäten des abnormen Gesteinsverbandes aufgeführt worden sind. Denn es gehört zu den Eigenthümlichkeiten der durchgreifenden Lagerung, dass sie in der Regel mit abnormen Gesteinsverbande ausgebildet ist; wenn es auch nicht selten vorkommt, dass eine so gelagerte Masse stellenweise, auf grössere oder kleinere Strecken, regelmässig zwischen den Schichten des sie einschliessenden Gebirgsgliedes fortläuft, um dann wieder quer durch diese Schichten hindurchzusetzen.

Bisweilen setzen Gebirgsglieder von durchgreifender Lagerung an der Gränze zweier verschiedenartiger Gebirgsglieder auf, zwischen welchen sie sich eingedrängt haben; in einem solchen Falle lässt sich das Lagerungsverhältniss als zwischengreifende Lagerung bezeichnen.

c) Untergreifende Lagerung.

Diese, nicht so gar häufig vorkommende Lagerung findet sich wohl nur bei pyrogenen oder eruptiven Gesteinen, deren Massen unter anderen, bereits existirenden Gesteinen dergestalt abgelagert worden sind, dass sie aufwärts in ihrer Ausbreitung von selbigen behindert wurden. Die Erscheinung ist also wesentlich verschieden von einer gewöhnlichen Unterlagerung, bei welcher die aufliegenden Massen erst später abgelagert worden sind. Uebrigens ist diese untergreifende Lagerung stets durch abnormen Gesteinsverband charakterisirt, wie es der S. 908 stehende Holzschnitt zeigt, welcher eine Granitkuppe von untergreifender Lagerung unter Thonschiefer darstellt.

d) Abgeschlossene Lagerung.

Ebenfalls ein seltenes Lagerungsverhältniss, welches wohl nur bei gewissen untergeordneten Gebirgsgliedern von stockförmiger Gestalt angetroffen wird, und theils mit abnormem, theils mit normalem Gesteinsverbande ausgebildet ist.

Es ist nicht unwahrscheinlich, dass gewisse Erzstöcke, wie z. B. viele Magneteisenerzstöcke im Gneisse, vielleicht auch gewisse Kalksteinstöcke, Serpentinstöcke u. a. auf diese Weise abgelagert worden sind, indem ihr Material vor seiner Erstarrung innerhalb der sie umgebenden zähflüssigen Massen etwa so enthalten war, wie das Dotter innerhalb eines Eies. Gewiss ist es aber, dass viele und zum Theil sehr grosse Massen von Schiefer, Gneiss und anderen Gesteinen innerhalb des Granites oder anderer pyrogener Gesteine auf diese Weise auftreten; so z. B. die hausgrossen Gneiss- und Schiefermassen im Granite der Pyrenäen, die colossalen, oft mehre tausend Fuss langen Glimmerschiefermassen im Granite von Eibenstock, die ähnlichen Massen im Granulite des Königreiches Sachsen. Dergleichen Massen sind nichts Anderes, als colossale Fragmente, welche wegen ihrer bedeutenden Dimensionen als selbständige Gebirgsglieder betrachtet werden müssen. Gewöhnlich ragen sie nach oben frei aus dem sie umschliessenden Gesteine heraus.

§. 239. *Lagerartige und gangartige Gebirgsglieder.*

Auf einige der vorher betrachteten Unterschiede der Junctur und Lagerung gründet sich eine sehr wichtige Eintheilung der untergeordneten Gebirgsglieder, welche auch auf manche kleinere vorherrschende Gebirgsglieder angewendet werden kann. Es ist natürlich, dass die Verhältnisse der untergeordneten Gebirgsglieder zunächst von ihren Beziehungen zu denen sie umgebenden oder einschliessenden vorherrschenden Gebirgsgliedern abhängen werden. Sie unterscheiden sich von ihnen jedenfalls durch die abweichende Beschaffenheit ihres Materials, stehen aber zu denselben entweder in normalen oder in abnormen Verbandverhältnissen; hiernach, so wie nach der Verschiedenheit ihrer Lagerung unterscheidet man sie als lagerartige und gangartige Gebirgsglieder.

Ein lagerartiges Gebirgsglied ist ein solches, welches durch normale Junctur und regelmässige Zwischenlagerung (bisweilen auch nur einseitig durch Auf- oder Unterlagerung) mit dem dasselbe einschliessenden (unterteufenden oder überlagernden) Gebirgsgliede verbunden ist.

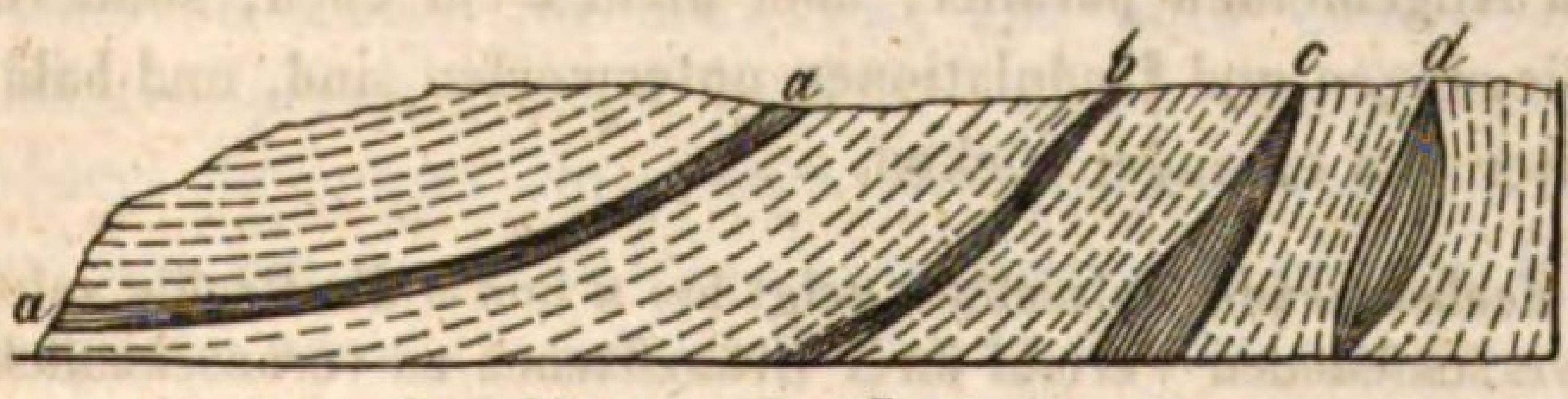
Die lagerartigen Gebirgsglieder sind also einem vorherrschenden Gebirgsgliede regelmässig eingelagert oder wenigstens angelagert, und stimmen in ihrer Parallelstructur und Schichtung mit demselben überein; was Alles darauf hindeutet, dass sie in stetiger und regelmässiger Folge inmitten (bisweilen

auch zu Anfang oder zu Ende) desselben Bildungsprocesses zur Entwickelung gelangt sind, durch welchen das vorwaltende Gebirgsglied entstanden ist, zu dem sie in solcher Beziehung stehen. Das Hangende und das Liegende eines lagerartigen Gebirgsgliedes wird bald von einem und demselben Gesteine, bald von zweierlei verschiedenen Gesteinen gebildet, in welchem letzteren Falle dasselbe als ein Zwischenlager auftritt.

Nach ihrer Form und Ausdehnung erscheinen die verschiedenen lagerartigen Gebirgsglieder entweder als Lager und Flötze, oder als Lagerstöcke.

Lager (*couches*) sind lagerartige Gebirgsglieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung als mehr oder weniger regelmässige Parallelmassen (S. 496) ausgebildet sind. Sie stellen daher förmliche Schichten dar, welche sich nur durch ihr eigenthümliches Material von denen sie einschliessenden Schichten unterscheiden, ausserdem aber gerade so verhalten, wie jede andere Schicht desjenigen Schichtensystemes, von welchem sie selbst als integrirende Theile zu betrachten sind. Auch können sie sich sehr weit verbreiten, und selbst in ununterbrochener Ausdehnung durch das ganze Verbreitungsgebiet desjenigen Schichtensystemes fortsetzen, welchem sie angehören.

Es ist diess die regelmässigste Form, in welcher die lagerartigen Gebirgsglieder überhaupt vorkommen, weshalb denn auch der allgemeine Name für diese Abtheilung von ihnen entlehnt wurde. Weit fortsetzende Lager, welche aus einem technisch nutzbaren Materiale bestehen, und einem ganz entschieden sedimentären Schichtensysteme angehören, pflegt der teutsche Bergmann auch Flötze zu nennen, ohne es jedoch mit dieser Unterscheidung sehr genau zu nehmen. Am häufigsten braucht man den Ausdruck Flötz von Steinkohlenlagern, welche gewöhnlich Steinkohlenflötze genannt werden. Nachstehender Holzschnitt zeigt bei *a* und *b* die Verhältnisse eigentlicher Lager.



Lagerstöcke oder liegende Stöcke (*amas*) sind lagerartige Gebirgsglieder, welche in der Form von Stöcken (S. 904) ausgebildet sind. Sie unterscheiden sich also von den eigentlichen Lagern durch ihre geringere Ausdehnung nach Länge und Breite, und durch ihre, wenigstens in der mittleren Region, verhältnissmässig grosse Mächtigkeit, während sie in ihren übrigen Verhältnissen mit ihnen übereinstimmen.

Gewöhnlich haben die Lagerstöcke eine lenticulare oder ellipsoidische, oder auch, wenn sie nur in ihrer einen Hälfte entblöst sind, eine keilförmige

Gestalt, etwa so wie es der vorstehende Holzschnitt bei *c* und *d* zeigt. Sie keilen sich nach allen Richtungen bald aus, und haben, selbst bei bedeutender Mächtigkeit, keine grosse Ausdehnung in der Richtung ihres Streichens und Fallens.

Ein gangartiges Gebirgsglied ist ein solches, welches durch abnorme Junctur und durchgreifende Lagerung mit denen dasselbe einschliessenden Gebirgsgliedern verbunden ist.

Die gangartigen Gebirgsglieder durchsetzen also die angränzenden Gebirgsglieder, und zeigen, wenn sie mit Parallelstructur, oder auch mit einer der Schichtung analogen lagenweisen Gliederung versehen sind, eine Abweichung derselben von der Structur und Schichtung des Nebengesteins. Gewöhnlich setzen sie in einem und demselben vorherrschenden Gebirgsgliede auf, welches von ihnen mit durchgreifender Lagerung durchschnitten und in der Stetigkeit seiner Ausdehnung unterbrochen wird. Bisweilen finden sie sich aber auch auf der Gränze zweier verschiedener Gebirgsglieder, zwischen welchen sie wie eine eingeschobene fremdartige Masse auftreten.

Nach ihrer Form und Ausdehnung unterscheidet man die gangartigen Gebirgsglieder besonders als Gänge und Gangstöcke.

Gänge (*filons*) sind gangartige Gebirgsglieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung eine mehr oder weniger regelmässige Parallelmasse darstellen. Ihre ganze Erscheinungsweise spricht dafür, dass sie gar nichts Anderes als Ausfüllungen von Spalten sind, welche durch gewaltsame Bewegungen der äusseren Erdkruste entstanden. Wie nun die Form solcher Spalten bald regelmässig bald unregelmässig sein kann, so ist es auch die Form der Gänge; und während daher einige als ganz ebenflächig ausgedehnte Parallelmassen erscheinen, so sind andere mit mancherlei Unregelmässigkeiten behaftet, indem ihre beiden Gränzflächen zwar im Allgemeinen parallel, aber nicht mehr eben, sondern verschiedenen Biegungen und Undulationen unterworfen sind, und bald näher an, bald weiter von einander rücken.

Der nachstehende Holzschnitt zeigt bei *a* und *b* die Profile solcher Gänge, um den verschiedenen Verlauf ihrer Gränzflächen zu veranschaulichen.



Man nennt diese Gränzflächen die Salbänder des Ganges, den Abstand derselben seine Mächtigkeit, das Gestein, in welchem ein Gang aufsetzt, sein Nebengestein, und unterscheidet solches nach seiner Lage als das Hangende und das Liegende, wenn nämlich der Gang nicht vertical ist.

Die Lage der Gänge wird aber, gerade so wie die Lage der Schichten, durch das Streichen und Fallen bestimmt (S. 503).

Manche Gänge setzen auf grössere Strecken regelmässig zwischen den Schichten des Nebengesteines fort, und erscheinen dann völlig wie Lager (Fig. *n* in vorstehendem Holzschnitte); man hat sie Lagergänge (*filons-couches*) genannt. Indessen ist diese Erscheinung doch nur local, da ein jeder Lagergang in seinem weiteren Verlaufe die Schichten des Nebengesteins irgendwo durchschneidet. Gänge, welche auf der Gränze zweier verschiedener Gebirgsglieder aufsetzen, werden oft Contactgänge genannt.

Gangstöcke oder stehende Stöcke nennt man diejenigen gangartigen Gebirgsglieder, welche in ihrer allgemeinen Ausdehnung die Form eines Stockes besitzen, während ihnen ausserdem die wesentlichen Eigenschaften der Gänge zukommen (Fig. *c* und *d* in vorstehendem Holzschnitte). Sie haben bald keilförmige, bald ganz unregelmässige Gestalten, und ragen nicht selten als Bergkuppen und Felsen zu Tage aus.

Eine sehr wichtige Unterscheidung der lagerartigen und gangartigen untergeordneten Gebirgsglieder ist diejenige, welche sich auf die Beschaffenheit ihres Materiales gründet. Dieses Material ist nämlich entweder ein wirkliches Gestein, wie es auch ausserdem in grossen und weit verbreiteten Ablagerungen vorzukommen pflegt; oder dasselbe ist ein Mineral-Aggregat von eigenthümlicher Beschaffenheit, wie es nur in untergeordneten Gebirgsgliedern bekannt ist. Hiernach unterscheidet man besonders die Lager und Gänge als Gesteinslager und Minerallager, als Gesteinsgänge und Mineralgänge, und macht auch nöthigenfalls denselben Unterschied für die Stöcke geltend.

Die Minerallager und Mineralgänge zeigen eine äusserst verschiedenartige Zusammensetzung; einige bestehen nur aus einer Mineralspecies, während andere von mehren, und noch andere von sehr vielen Mineralspecies gebildet werden. Unter ihnen gewähren nun aber besonders diejenigen ein grosses theoretisches und praktisches Interesse, auf welchen die metallischen Mineralien oder die Erze, wie sie der Bergmann nennt, in bedeutenderen Quantitäten einbrechen. Man pflegt solche daher unter den Namen der Erzlager und Erzgänge von den übrigen Minerallagern und Mineralgängen abzusondern, und unter dem Namen der Erzlagerstätten zusammenzufassen.

Diese Erzlagerstätten, so wie auch manche der anderen Mineral-Lagerstätten, unterscheiden sich nun in vielen ihrer Eigenschaften und Verhältnisse so wesentlich von allen übrigen Gebirgsgliedern, dass ihre Betrachtung einem besonderen Abschnitte vorbehalten bleiben muss. Dagegen lassen sich die Gesteinslager und Gesteinsgänge, wenigstens theilweise, schon bei der Betrachtung der vorherrschenden Gebirgsglieder berücksichtigen, mit welcher wir uns zunächst beschäftigen werden. Weil jedoch die geschichteten Gebirgs-

glieder in der Regel ganz andere Structur- und Lagerungs-Verhältnisse zeigen, als die massigen Gebirgsglieder, so müssen auch solche nach einander betrachtet werden.

B. Structur- und Lagerungs-Verhältnisse der geschichteten Gebirgsglieder.

§. 240. *Structur der geschichteten Gebirgsglieder.*

Unter der Structur eines geschichteten Gebirgsgliedes versteht man die in der Lage, Form und Verknüpfung seiner Schichten obwaltende Regel.

Die Lage der Schichten wird hierbei zunächst nur nach ihrem Neigungswinkel gegen den Horizont oder nach dem Grade ihres Fallens aufgefasst, in welcher Hinsicht besonders die horizontale Lage, die geneigte, die verticale und die überkippte Stellung zu unterscheiden sind.

Häufig liegen die Schichten vollkommen horizontal oder söhlig; oder sie weichen doch nur so wenig von der Horizontalfläche ab, dass diese Abweichung innerhalb kleinerer Distanzen von dem Auge gar nicht wahrgenommen werden kann, und nur an dem allmälig immer höheren Aufsteigen der Schichten über einer fast horizontalen Fläche, z. B. über dem Spiegel des Meeres, eines Landsees oder eines an ihnen hinfliessenden Stromes zu erkennen ist. Wenn die Schichten zwar im Allgemeinen horizontal liegen, jedoch stellenweise ganz unbestimmte, bald nach dieser, bald nach jener Weltgegend gerichtete unbedeutende Neigungen zeigen, so sagt man, dass sie eine unbestimmt schwebende Lage haben.

Sehr oft haben die Schichten eine geneigte Lage, bei welcher alle Grade der Neigung vorkommen können, welche zwischen den beiden Extremen der horizontalen und verticalen Stellung möglich sind. Gar nicht selten stehen die Schichten vertical oder seiger, wohin auch diejenigen Fälle gerechnet werden, wenn sie unbestimmt um einige Grade bald nach der einen, bald nach der anderen Seite von der Verticale abweichen. Endlich giebt es auch Schichten von überhängender oder überkippter Stellung, bei denen die ursprüngliche Oberfläche als Unterfläche erscheint, und umgekehrt. Dergleichen Verhältnisse kommen besonders am Fusse mancher Gebirgsketten vor, wo bisweilen mächtige Schichtensysteme auf mehre Meilen Länge in einer völlig umgestürzten Lage anstehen. Nordrand des Harzes bei Goslar; südwestlicher Fuss des Thüringer Waldes bei Suhl; Nordrand der Alpen; Malvern-Hills und Abberley-Hills in England.

In ihrer Form lassen die Schichten sehr viele Verschiedenheiten wahrnehmen, von welchen die wichtigsten folgende sein dürften.

a) Die Schichten sind ebenflächig ausgedehnt; diess ist bei weitem der gewöhnlichste Fall, welcher zumal bei horizontaler Schichtenlage über sehr grosse Räume angetroffen wird.

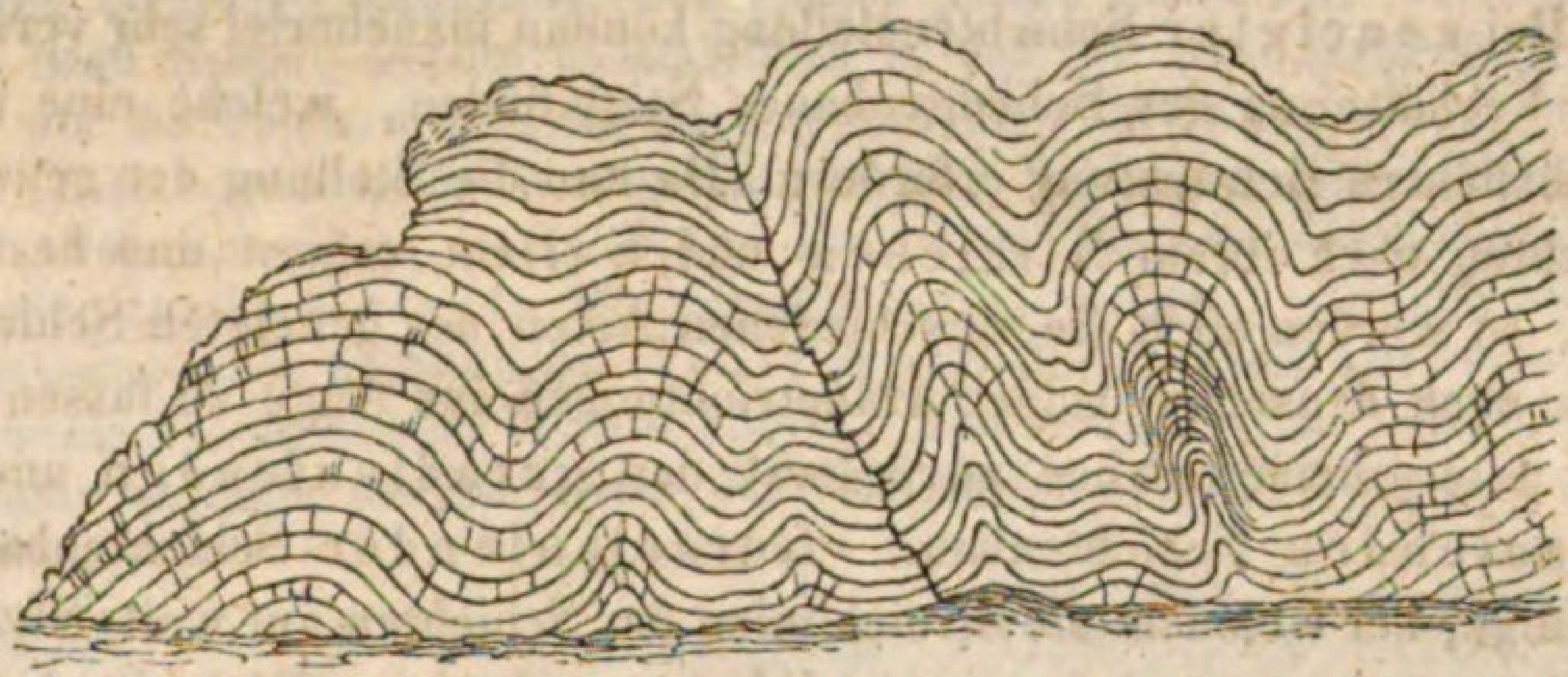
b) Die Schichten sind einfach gebogen; man sieht nur eine einzige, stetig ausgebildete Krümmung, welche sich weiterhin nicht wiederholt.

c) Die Schichten sind einfach geknickt; man sieht eine einzige, scharfe und unstetige Richtungsänderung ihres Verlaufes.

d) Die Schichten sind gefaltet, sie zeigen mehrfach hinter einander wiederholte Biegungen, welche in sehr verschiedener Weise ausgebildet sein können, daher man wellenförmig-, zickzackförmig-, schleifenförmig- und cylindrisch-gefaltete Schichten unterscheidet.

e) Die Schichten sind ganz regellos gewunden; diess findet nicht selten in so auffallender Weise Statt, dass sich die Windungen und Verdrehungen gar nicht mehr beschreiben, sondern nur noch etwa mit den Zeichnungen mancher marmorirten Papiere vergleichen lassen.

Alle diese Verhältnisse kommen in sehr verschiedenem, bisweilen aber in recht grossartigem Maassstabe ausgebildet vor. Der nachstehende Holzschnitt zeigt die von Hausmann jun. naturgetreu aufgenommenen Schichtenwindungen



des Kieselschiefers bei der Innerste-Brücke unterhalb Lautenthal am Harze. Als ein merkwürdiger Umstand ist es noch zu erwähnen, dass bisweilen zickzackförmig oder wellenförmig gefaltete Schichten zwischen ganz ebenflächig ausgedehnten Schichten angetroffen werden; was jedoch fast nur bei geneigter Schichtenlage vorkommt, und sehr einfach daraus zu erklären ist, dass die Schichten zu der Zeit, als sie in die geneigte Lage versetzt wurden, sehr verschiedene Grade der Consistenz hatten.

Eine im kleineren Maassstabe ausgebildete, aber nicht selten vorkommende Erscheinung ist die Stauchung der Schichten; sie besteht wesentlich in einer einfachen oder wiederholten, scharfen aber kurzen Biegung oder Knickung, welche oft mit Zerreissungen, Zerklaffungen und anderen Zerrüttungen verbunden ist. So findet man sehr häufig die Schichtenköpfe steil aufgerichteter Schichten (namentlich schiefriger und dünnschichtiger Gesteine) alle nach einer Richtung umgestaucht, dergestalt dass sie ein ganz entgegengesetztes Fallen von dem zeigen, welches den Schichten eigentlich zukommt.

Da diese Stauchung oft mehre Fuss tief hinabreicht, so kann sie leicht zu ganz falschen Bestimmungen der Schichtenlage Veranlassung geben. Aber auch im Innern der Gesteine kommen bisweilen sehr auffallende Stauchungen vor, welche gewöhnlich gewissen Klüften folgen, und bald nur als gewaltsame Biegungen, bald als förmliche, zwei- oder mehrmalige Knickungen des Gesteins erscheinen.

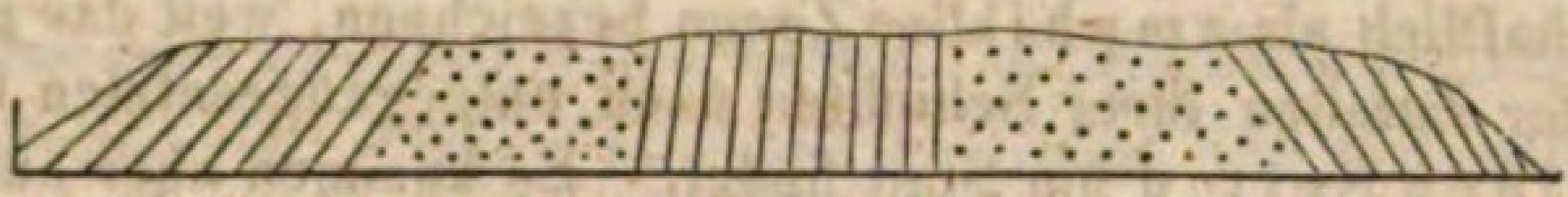
Aus der Verbindung sehr vieler Schichten von verschiedener Form und Lage gehen nun die mancherlei Modalitäten des Schichtenbaues hervor.

Der einfachste Schichtenbau ist derjenige, bei welchem das Gesetz der horizontalen oder unbestimmt schwebenden Schichtenlage waltet. Derselbe ist oft mit grosser Regelmässigkeit über bedeutende Räume, ja bisweilen über Flächen von Hunderten von Quadratmeilen zur Ausbildung gebracht, und giebt seiner Einfachheit wegen zu keinen weiteren Betrachtungen Veranlassung. Wir werden später sehen, dass diess in den meisten Fällen der ursprüngliche Schichtenbau sehr vieler geschichteten Gebirgsglieder war, welche gegenwärtig ganz andere Schichtengebäude darstellen.

Bei geneigter Schichtenstellung können mancherlei sehr verschiedene Verhältnisse des Schichtenbaues Statt finden, welche eine etwas ausführlichere Betrachtung erfordern. Da nun die Stellung der geneigten Schichten nach ihrem Streichen und Fallen erfasst und bestimmt wird, so werden auch die verschiedenen Arten des geneigten Schichtenbaues nach denselben beiden Hauptrichtungen ins Auge zu fassen sein. Wir unterscheiden daher zuvörderst den geradlaufenden und den umlaufenden Schichtenbau. Geradlaufender Schichtenbau ist derjenige, bei welchem die Streichlinien der Schichten auf weite Strecken hin eine constante und fast geradlinige mittlere Richtung behaupten. Umlaufender Schichtenbau dagegen ist derjenige, bei welchem die Streichlinien ihre Richtung beständig in demselben Sinne verändern.

Einen Schichtencomplex von geradlaufendem Schichtenbau nennen wir allgemein eine Schichtenzone, sobald die Längenausdehnung bedeutend grösser ist, als die Breitenausdehnung. Es ist nun begreiflich, dass alle weiteren Verschiedenheiten in der Architektur solcher Zonen lediglich in den Form- und Neigungs-Verhältnissen ihrer Schichten begründet sein werden, wie sich solche in denen auf der Streichlinie rechtwinkeligen Querschnitten, oder in der Vertical-Ebene des Fallens zu erkennen geben. In dieser Hinsicht sind nun besonders der parallele, der antikline und der synkline Schichtenbau zu unterscheiden.

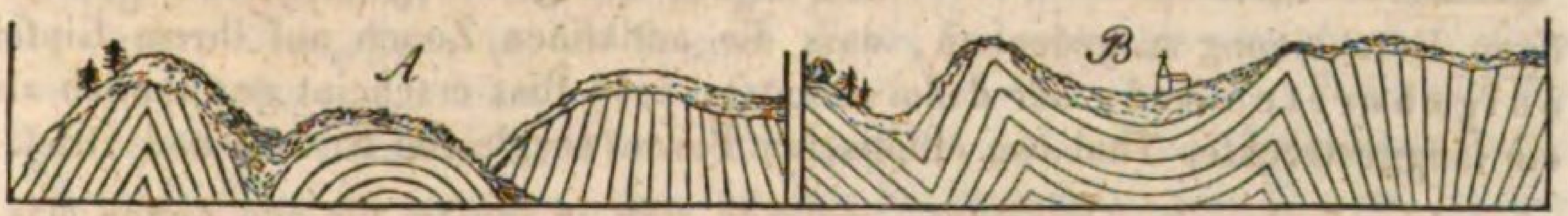
Eine Schichtenzone von **p a r a l l e l e m** (oder **h o m ö o k l i n e m**) Schichtenbau ist eine solche, deren Schichten **d u r c h a u s**, d. h. in **a l l e n** ihren Theilen nach **d e r s e l b e n** Weltgegend hin einfallen. Diess gilt natürlich auch bei verticaler Schichtenstellung, ohne dass jedoch kleine, zu beiden Seiten der Streichlinie vorkommende Abweichungen von der Verticale eine Ausnahme bedingen. Eben so können, bei entschieden einseitiger Neigung der Schichten, verschiedene Grössen der Fallwinkel Statt finden, ohne dass dadurch der parallele Schichtenbau gestört wird. Die Querprofile solcher Schichtenzonen erscheinen daher ungefähr so, wie es das nachstehende Diagramm zeigt, in



welchem angenommen ist, dass die einzelnen Schichtenzonen durch massige Gesteine von einander getrennt werden.

Eine Schichtenzone von **a n t i k l i n e m** Schichtenbau ist eine solche Zone, deren Schichten nach entgegengesetzten Richtungen von einander **w e g f a l l e n**; eine Schichtenzone von **s y n k l i n e m** Schichtenbau dagegen eine solche, deren Schichten nach entgegengesetzten Richtungen einander **z u f a l l e n**. Die beiden widersinnig fallenden Theile einer solchen Zone kann man die **F l ü g e l** derselben nennen.

Bei derartigen Schichtenzonen können jedoch wesentliche Verschiedenheiten Statt finden, welche hauptsächlich in der Art und Weise begründet sind, wie die beiden Flügel der Zone mit einander in Zusammenhang stehen. Dieser Zusammenhang findet nämlich entweder **m i t** oder **o h n e** Uebergang Statt. Der Uebergang beider Flügel kann aber entweder durch **h o r i z o n t a l e** oder durch **v e r t i c a l e** Mittelglieder bewirkt werden; wogegen bei fehlendem Uebergange beide Flügel **s c h a r f** an einander gränzen, und einen mehr oder weniger auffallenden Winkel bilden. Die Profile solcher Zonen stellen sich daher ungefähr auf die Weise dar, wie es das folgende Diagramm zeigt.



Antikline Schichtenzonen. Synkline Schichtenzonen.

Die beiderlei Schichtenzonen mit **v e r t i c a l e n** Mittelgliedern, welche namentlich bei gewissen krystallinischen Silicatgesteinen vorkommen, hat man auch **f ä c h e r f ö r m i g e** Schichtenzonen (*systèmes en éventail*) genannt, und als **a u f r e c h t e** und **v e r k e h r t** fächerförmige Zonen unterschieden, von welchen jene synklin, diese antiklin ausgebildet sind.

A n m e r k u n g. Da der aufwärts **c o n v e x e** Schichtenbau, wie er bei den geschlossenen antiklinen Zonen vorkommt, charakteristisch für die unten zu erwähnenden **S a t t e l**, und eben so der aufwärts **c o n c a v e** Schichtenbau, wie er bei den synklinen Zonen vorkommt, charakteristisch für die dort zu besprechenden **M u l d e n** ist, so werden auch oft die antiklinen Zonen Sattel, und die synklinen Zonen Mulden genannt. Dagegen ist auch wenig zu sagen,

weil die genannten Zonen gewöhnlich gar nichts Anderes sind, als ausserordentlich langgestreckte Sattel und Mulden. Desungeachtet möchten für solche Fälle, wo sie nicht so vollständig in ihrer ganzen Ausdehnung vorliegen, um wirklich als sehr langgezogene Sattel und Mulden erkannt zu werden, die Ausdrücke Sattelzone und Muldenzone zu gebrauchen sein. Die fächerförmigen Zonen dagegen lassen nur in gewissen Fällen eine Vergleichung mit den Satteln und Mulden zu, und können daher nicht allgemein so genannt werden.

Die bisher betrachteten antiklinen und synklinen Schichtenzonen lassen sich gemeinschaftlich als amphikline Zonen bezeichnen, weil das gegenseitige Wegfallen oder Zufallen ihrer Schichten nach entgegengesetzten Richtungen, oder nach beiden Seiten hin Statt findet. Es kommen aber auch zuweilen Schichtenzonen vor, welche zwar in gewisser Hinsicht den genannten zu vergleichen sind, sich jedoch dadurch wesentlich unterscheiden, dass beide Flügel ein gleichsinniges, nach derselben Seite gerichtetes Einfallen haben. Dergleichen Zonen lassen sich als heterokline Zonen bezeichnen, um die Einseitigkeit ihres Fallens auszudrücken, indem die Verticale immer als diejenige Richtung gilt, auf welche alle diese Verhältnisse bezogen werden. Der folgende Holzschnitt zeigt die Querprofile solcher heteroklinen Zonen,



welche durchaus nicht mit parallelen oder homöoklinen Zonen verwechselt werden dürfen. Wenn dieselben sehr flach fallen, so gehen sie endlich in die sehr merkwürdige Form über, welche man als eine liegende Sattel- oder Muldenbildung bezeichnen kann, indem beide Flügel horizontal über einander liegen, wie es Fig. *a* in beistehendem Holzschnitte zeigt.



Noch ist der in Fig. *b* angedeuteten sehr häufigen Erscheinung zu gedenken, dass die antiklinen Zonen auf ihrem Gipfel aufgeborsten sind; der dadurch entstandene Riss erscheint gewöhnlich als ein langgestrecktes Thal von elliptischer Form (vergleiche S. 383 und 405).

Anmerkung. Saussure, welcher sich in seinem für alle Zeiten classischen Werke, *Voyages dans les Alpes*, so ausserordentliche Verdienste um die Geologie erworben hat, unterschied schon die so eben betrachteten Modalitäten des Schichtenbaues, obgleich die Ausdrücke synklin und antiklin erst später (1824) von Buckland und Conybeare eingeführt worden sind. Er bezeichnete den antiklinen Schichtenbau mit horizontalen Mittelgliedern als Schichtengewölbe oder *voûte* (§. 334 und 338); in dem Schichtenbaue mit scharf zusammenstossenden Flügeln verglich er die Querschnitte der Schichten mit einem griechischen Λ, und erwähnte §. 360 a und §. 361 ausgezeichnete Beispiele desselben; in §. 339 bespricht er die fächerförmigen Schichtenzonen mit verticalen Mittelgliedern, und in §. 472 beschreibt er das liegende Schichtengewölbe im Arvethale, über welches der Nant d'Arpenaz einen herrlichen Wasserfall bildet, sowie in den §§. 1935 ff. mehre dergleichen an den Ufern des Luzerner Sees. Später sind diese Formen im Jura

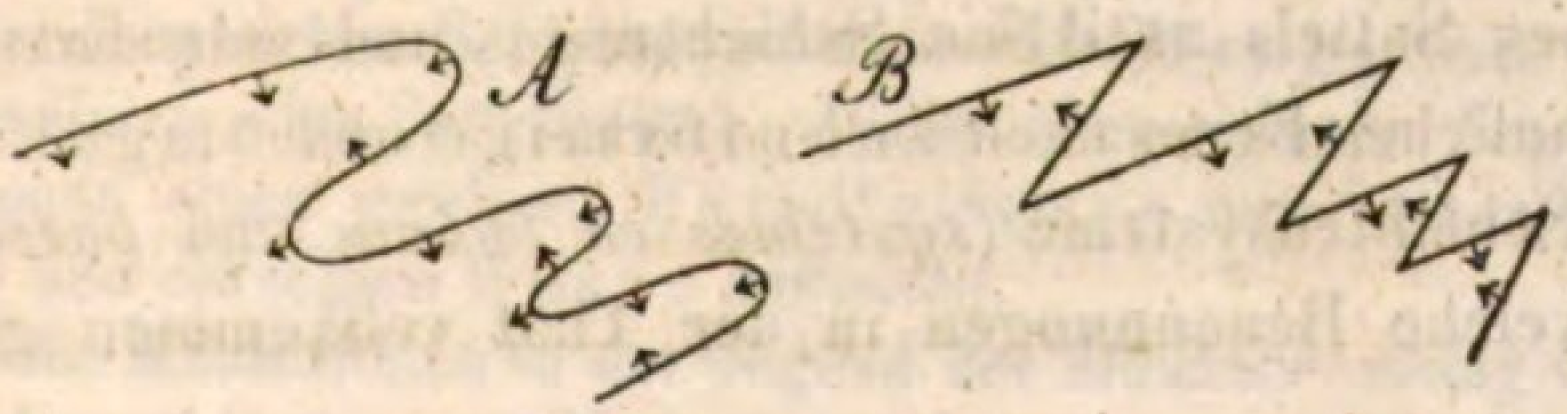
besonders von Merian, Thurmann und Rozet, sowie in den Alpen von Escher und Studer sehr genau untersucht worden*).

Bei umlaufendem Schichtenbaue beschreiben die Streichlinien entweder nur einen mehr oder weniger geöffneten Bogen, oder eine vollständig in sich zurücklaufende krumme Linie, und hiernach unterscheidet man halb umlaufenden und ganz umlaufenden Schichtenbau. In beiden Fällen ist jedoch der sehr wichtige Unterschied zu berücksichtigen, ob die Schichten nach innen oder nach aussen fallen, ob sie eine esokline oder exokline Lage haben, ob die Fallrichtungen convergiren oder divergiren. Denn hiernach bestimmt sich wesentlich die allgemeine Form des Schichtenbaues, welche bei esoklinem Fallen aufwärts concav, bei exoklinem Fallen dagegen aufwärts convex ist.

Bei halbumlaufendem Schichtenbaue können die Streichlinien eine sehr verschiedene Figur darstellen, welche bald einem Kreisbogen, bald einer Parabel, oder Hyperbel, oder irgend einer anderen krummen und einseitig offenen Linie zu vergleichen ist.

Wir wollen einen halbumlaufenden Schichtencomplex mit esoklinem Fallen eine Muldenbucht, und einen dergleichen Complex mit exoklinem Fallen ein Satteljoch nennen, weil in der That jene buchtenähnliche Einsprünge, diese dagegen jochähnliche Aussprünge bilden. Indessen werden sie auch häufig unter den Namen Mulde und Sattel aufgeführt, obgleich solche eigentlich eine etwas andere Bedeutung haben.

Dergleichen Muldenbuchten und Satteljöcher sind aber niemals isolirt, sondern immer dergestalt ausgebildet, dass sie entweder mit geradlaufenden Schichtenzonen, oder auch mit einander selbst combinirt erscheinen. In diesem letzteren Falle wird allemal jede Muldenbucht auf beiden Seiten von einem Satteljoche begränzt, wobei die Flügel der Bucht ganz allmälig in die Flügel der Jöcher übergehen; in der Gegend dieses Ueberganges sind die Schichten fast ebenflächig ausgedehnt, wodurch die Concavität der einen Form mit der Convexität der anderen Form in Verbindung gebracht wird. Uebrigens finden sich beide diese Formen besonders an den Rändern grösserer Bassins, welche oft vielfache Aus- und Einbiegungen zeigen, so wie es in nachstehendem Holzschnitte der Grundriss Fig. *A* darstellt**).



*) Merian, Beiträge zur Geognosie, I, 1821, S. 65—87; Thurmann und Rozet in den oben, S. 383 angeführten Schriften; Studer, Geologie der westl. Schweizer-Alpen, 1834, und Lehrbuch der physik. Geographie, Bd. II, 1847, S. 215 f.

**) Dieser Grundriss stellt nämlich den Verlauf einer Streichlinie durch mehre

Es kommen aber auch Muldenbuchten und Satteljöcher vor, in welchen gar keine Krümmung der Streichlinien vorhanden ist, sondern die beiden geradlinig verlaufenden Flügel jeder solchen Form in einer mehr oder weniger scharfen Kante zusammentreffen, so dass die Streichlinien einen zickzackförmig gebrochenen Verlauf haben, wie es in vorstehendem Holzschnitte Fig. *B* zeigt. In solchem Falle stellt jeder Flügel eine geradlaufende Schichtenzone dar, welche zugleich einer Muldenbucht und einem Satteljoche angehört.

Der ganz umlaufende Schichtenbau folgt einer Kreislinie, einer Ellipse, einer Eilinie, oder einer ähnlichen in sich zurücklaufenden Curve, und stellt sich entweder als bassinförmiger oder als kuppelförmiger Schichtenbau dar, je nachdem die Schichten eine esokline oder exokline Lage besitzen, wobei jedoch vorausgesetzt wird, dass nach der Mitte des ganzen Baues die Neigung der Schichten immer geringer wird, und zuletzt in horizontale Lage übergeht.

Der bassinförmige Schichtenbau ist besonders eine im Gebiete der Steinkohlenformation sehr häufig und in allen Grössen vorkommende Erscheinung, wogegen der kuppelförmige Schichtenbau seltener angetroffen wird. Endlich liefert der ganz umlaufende Schichtenbau mit exokliner Schichtenlage kegelförmige Schichtengebäude, wenn sich das Fallen nach oben hin gleich bleibt, oder wohl gar steigert. Dergleichen kegelförmige Schichtengebäude sind jedoch niemals als vollständige, sondern stets als abgestumpfte und nach oben geöffnete Kegel ausgebildet; sie finden sich fast nur bei den Vulcanen und bei den Erhebungskrateren aller Art, für welche sie als eine ganz charakteristische architektonische Form zu betrachten sind.

Durch eine Combination des geradlaufenden und des umlaufenden Schichtenbaues, oder auch durch eine sehr langgestreckte Ausbildung des letzteren entstehen die gemischten Schichtengebäude, von welchen besonders die eigentlichen Mulden und Sattel zu erwähnen sind*).

Eine Schichtenmulde ist nämlich ein sehr langgestrecktes umlaufendes Schichtengebäude von esokliner Schichtenlage; ein Schichtensattel dagegen ein dergleichen Gebäude von exokliner Schichtenlage. Die Querschnitte einer Mulde zeigen daher gewöhnlich synkline, die Querschnitte eines Sattels antikline Schichtung, und man hat sie in dieser ihrer gewöhnlichen Form auch kahnförmige und umgekehrt kahnförmige Schichtensysteme (*systèmes en bateau* und *bateau renversé*) genannt; welche Benennungen in der That vollkommen geeignet sind,

Muldenbuchten und Satteljöcher dar; die kleinen Pfeile bezeichnen die Fallrichtungen der Schichten.

*) Wir folgen bei dieser Beschreibung den trefflichen Darstellungen, welche v. Dechen von diesen Formen gegeben hat.

um eine richtige Vorstellung von ihnen zu verschaffen. Durch die, nicht selten sehr bedeutende Längsstreckung wird nun in diesen Mulden und Satteln allerdings eine Combination von geradlaufender und umlaufender Schichtung hervorgebracht.

Der folgende Holzschnitt zeigt in Fig. 1 die Hälfte eines Schichtensattels, und eben so in Fig. 2 die Hälfte einer Schichtenmulde, welche beide absicht-



lich halb durchschnitten dargestellt sind, um ihren inneren Bau zu veranschaulichen. Man nennt die beiden längeren, mehr oder weniger geradlinig, und einander ziemlich parallel fortstreichenden Seitentheile einer Mulde oder eines Sattels die Flügel derselben, und die kürzeren, krummlinig fortstreichenden oder umlaufenden Endtheile derselben ihre Wendungen*). Jede Muldenwendung besitzt alle Eigenschaften einer Muldenbucht, und jede Sattelwendung stimmt eben so mit einem Satteljoche überein; es sind wesentlich dieselben beiden Formen, welche hier nur als die Endtheile einer Mulde oder eines Sattels auftreten. Diese Wendungen sind übrigens in der Regel stetig gekrümmt, bisweilen aber auch scharf ausgebildet, wenn nämlich beide Flügel, einander zubiegend, zuletzt unter einem Winkel zusammentreffen.

Uebrigens sind namentlich die Mulden oft in einem sehr grossen Maassstabe ausgebildet. Die Mulde der Steinkohlenformation von Mons in Belgien z. B. hat 28000 F. Breite bei 5500 F. Tiefe; die Mulde der Ebersdorfer Steinkohlenbildung in Sachsen ist 14000 F. breit, und 4000 F. tief.

Unter der Muldenlinie versteht man diejenige Linie innerhalb einer und derselben muldenförmigen Schicht, welche die tiefsten Punkte aller verticalen Querschnitte derselben verbindet; und eben so unter der Sattellinie diejenige Linie innerhalb einer und derselben sattelförmigen Schicht, welche die höchsten Punkte aller verticalen Querschnitte verbindet. Da nun ein jedes muldenförmige Schichtengebäude aus vielen in einander geschachtelten muldenförmigen Schichten, und ein jedes sattelförmige Schichtengebäude aus vielen über einander liegenden sattelförmigen Schichten besteht, so giebt es auch in jedem dergleichen Schichtengebäude eine Menge über einander liegender Muldenlinien oder Sattellinien. Diese über einander liegenden Linien behaupten immer einen gewissen Parallelismus unter einander, und sind auch in einer und derselben Ebene enthalten.

Da sich die Muldenlinien in der Gegend der Muldenwendung herausheben, so haben sie dort ein sehr verschiedenes und von unten nach oben zunehmendes Fallen; wogegen zwischen beiden Muldenflügeln ihr Fallen mehr constant,

*) In den Holzschnitten sind also die längs der geraden Linie *ab* liegenden Theile die Flügel, die an der krummen Linie *bc* liegenden Theile die Wendungen.

und ihr Verlauf mehr geradlinig ist. Die Neigung dieses geradlinig verlaufenden Theiles der Muldenlinie gegen den Horizont ist ein in mancher Hinsicht sehr wichtiges Element, indem sie die Lage der ganzen Mulde gegen die Horizontal-Ebene, und die Richtung und den Grad ihrer Einsenkung nach dieser oder jener Weltgegend bestimmt. Ueberhaupt bildet dieser geradgestreckte Theil der Muldenlinie gewissermaassen die Axe der ganzen Mulde; er repräsentirt den Kiel eines solchen kahnförmigen Schichtengebäudes.

Die Mulden sind bisweilen in ihren steileren Flügeln dergestalt zickzackförmig gefaltet, dass die Kanten der Falten der Muldenlinie parallel streichen; auch sind ihre Wendungen nicht selten durch abwechselnde Muldenbuchten und Satteljöcher gegliedert. Uebrigens kommen, ausser den bisher betrachteten amphiklinen Mulden und Satteln, auch heterokline Formen der Art vor, in welchen also beide Flügel nach derselben Weltgegend einfallen, und folglich der eine steilere Flügel eine überkippte Lage hat. Ueberhaupt aber pflegen in den meisten Mulden und Satteln beide Flügel ein auffallend verschiedenes Fallen zu haben, indem der eine flacher, der andere steiler aufsteigt; die senkrechten und überhängenden Flügel aber sind es, welche nicht selten die vorhin erwähnten zickzackförmigen Faltungen zeigen.

Ausgezeichnete Beispiele für alle diese Verhältnisse der Sattel- und Muldenbildung liefert besonders die Steinkohlenformation, namentlich in den Kohlenrevieren Westphalens, Rheinpreussens, Belgiens, Nordfrankreichs und Englands. Da sich der technische Betrieb des Steinkohlenbergbaues nach diesen Formen des Schichtenbaues richten muss, so sind ihre Verhältnisse genauer erforscht worden, als irgend andere Structurverhältnisse der Erdkruste.

Die über grosse Landstriche ausgedehnten Schichtensysteme, welche sich als besonders vorherrschende Gebirgsglieder erweisen, können in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsgebietes alle bisher betrachteten Modalitäten des Schichtenbaues besitzen; wie denn überhaupt mancherlei Combinationen des Schichtenbaues zu den gewöhnlichen Erscheinungen gehören, und dadurch jene Manchfaltigkeit der Gebirgs-Architektur herbeigeführt wird, welcher wir in der Wirklichkeit begegnen.

So findet man gar nicht selten, dass ein horizontales Schichtensystem plötzlich oder allmälig in seinen Schichten aufsteigt, und dadurch in eine Schichtenzone übergeht; oder dass es an den Rändern seines Verbreitungsgebietes in vielen Muldenbuchten und Satteljöchern ausgebildet ist; oder auch, dass es stellenweise mehr oder weniger auffallende Sattel- und Muldenformen entwickelt. Ja, manche ausgedehnte Schichtensysteme lassen in gewissen Regionen ihres Verbreitungsgebietes sehr viele, parallel neben einander hinstreichende, abwechselnd antikline und synkline Zonen, oder auch dergleichen langgestreckte Sattel und Mulden erkennen, so dass sie einen in grossem Maassstabe gefalteten, und zwar cylindrisch gefalteten Schichtenbau besitzen, innerhalb dessen durchaus dasselbe Streichen der Schichten herrscht, während das Fallen mit allen möglichen Graden, bald nach

der einen, bald nach der andern Seite hin Statt findet. Die mittlere Streichlinie aller Zonen, so wie aller Mulden- und Sattelflügel, stellt gewissermaassen die Generatrix, die Curve der wellenförmig auf- und niedersteigenden Falllinien aber die Directrix derjenigen cylindrischen Fläche dar, welche die Architektur eines solchen Schichtenbaues beherrscht.

Dieser gefaltete Schichtenbau, welcher am häufigsten bei sedimentären Schichtensystemen vorkommt, bildet eine der merkwürdigsten Erscheinungen, deren Erklärung weiter unten, bei der Betrachtung der Störungen des ursprünglichen Schichtenbaues, gegeben werden soll. Aehnlich, aber wohl kaum identisch, ist eine andere Modalität des zusammengesetzten Schichtenbaues, welche gleichfalls zuweilen in sehr grossartigem Maassstabe über weite Landstriche zur Ausbildung gebracht ist, aber besonders bei den kryptogenen krystallinischen Silicatgesteinen (S. 742) angetroffen wird. Dieselbe besteht wesentlich darin, dass viele, theils verticale, theils fächerförmige und umgekehrt-fächerförmige Zonen parallel neben einander hinziehen, und in dieser ihrer Verbindung ausserordentlich mächtige Schichtensysteme darstellen, in welchen durchaus eine steile, und vielleicht nirgends eine horizontale Lage der Schichten zu beobachten ist.

§. 241. *Verschiedene Lagerung der geschichteten Gebirgsglieder.*

Wir haben uns nun noch mit gewissen, in ihrer Structur begründeten Lagerungs-Verhältnissen der geschichteten Gebirgsglieder, so wie mit einigen Lagerungsformen derselben zu beschäftigen, welche bisher noch nicht zur Sprache gebracht worden sind.

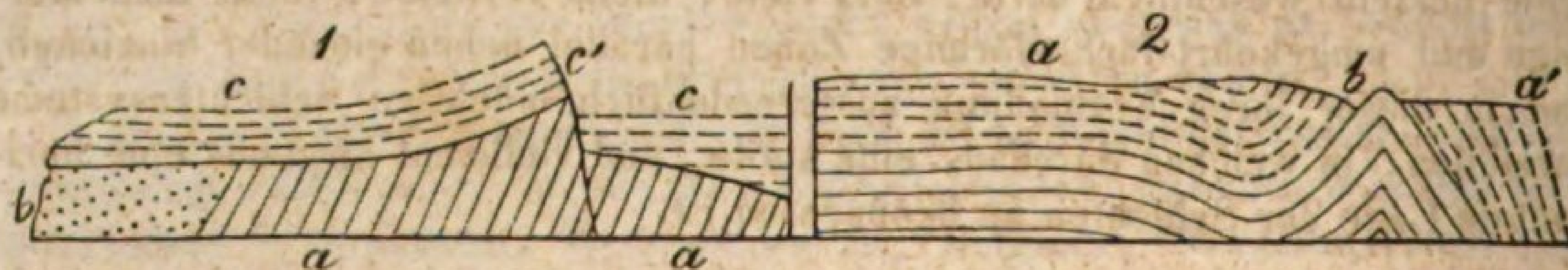
Bei der Lagerung eines geschichteten Gebirgsgliedes hat man nämlich nicht nur auf die allgemeine Stellung seiner Massen zu den Massen der angränzenden Gebirgsglieder, sondern auch, dafern diese letzteren gleichfalls geschichtet sind, auf die relative Lage der beiderseitigen Schichten zu achten.

Wenn zwei, unmittelbar an einander gränzende geschichtete Gebirgsglieder einen gegenseitigen Parallelismus ihrer Schichten offenbaren, so nennt man diess Lagerungsverhältniss concordante oder gleichförmige Lagerung. Wenn sie dagegen keinen gegenseitigen Parallelismus ihrer Schichten erkennen lassen, so bezeichnet man ihr Verhältniss als discordante oder ungleichförmige (auch wohl abweichende) Lagerung. Das Maximum der discordanten Lagerung findet also dann Statt, wenn die Schichten des einen Gebirgsgliedes rechtwinkelig auf den Schichten des anderen sind.

Dieser Unterschied der concordanten und discordanten Lagerung betrifft eines der bedeutsamsten geotektonischen Verhältnisse, auf dessen sorgfältiger Berück-

sichtigung gar viele der wichtigsten Resultate der Geognosie beruhen. Die concordante Lagerung, bei welcher sich beide Gebirgsglieder gerade so verhalten, wie zwei unmittelbar auf einander folgende Schichten eines und desselben Schichtensystems, verweist uns allemal auf eine ruhige und ungestörte, oft auch auf eine stetige, durch keine grosse Zwischenzeit getrennte Entwickelung des einen Gebirgsgliedes nach dem anderen. Die discordante Lagerung dagegen, bei welcher sich das eine Gebirgsglied zu dem andern beinahe so verhält, wie ein Gang zu seinem Nebengesteine, lässt uns in der räumlichen Discontinuität zugleich eine zeitliche Discontinuität erkennen; sie beweist gewöhnlich, dass zwischen der Bildung beider Gebirgsglieder ein bedeutender Zeitraum verflossen ist, und dass während dieses Zeitraumes gewaltsame Ereignisse Statt gefunden haben, durch welche das eine, ältere Gebirgsglied in seinem Schichtenbaue und in seiner Lagerung mehr oder weniger bedeutende Veränderungen erlitt.

Der folgende Holzschnitt mag zur Erläuterung dieser beiden Lagerungsarten



Discordante Lagerung. Concordante Lagerung.

dienen, bei deren Bestimmung jedoch oft Vorsicht anzuwenden ist, um nicht gleichförmige Lagerung für ungleichförmige, und diese für jene zu halten. In der Natur liegen nämlich die Verhältnisse nicht immer so vollständig entblöst vor, wie es in vorstehenden Diagrammen vorausgesetzt wird; vielmehr sind die Schichten der mit einander zu vergleichenden Gebirgsglieder nur hier und da, und oft an ziemlich entfernten Punkten frei anstehend zu beobachten, und dann ist es leicht möglich, ein falsches Urtheil zu fällen. Könnte man z. B. in dem Fig. 1 dargesellten Falle die Schichten nur bei *b* und *c'* wirklich beobachten, weil alles Andere durch Sand, Lehm und Vegetation bedeckt ist, so würde man leicht auf eine gleichförmige Lagerung zwischen den Gebirgsgliedern *b* und *c*, und vielleicht sogar auf eine Unterteufung des ersteren durch das letztere schliessen. Eben so würde man in dem Falle, welchen Fig. 2 vorstellt, auf ungleichförmige Lagerung schliessen können, wenn z. B. das obere Gebirgsglied nur bei *a* und *a'*, das untere nur bei *b* entblöst wäre. Man sieht hieraus, dass es in vielen Fällen darauf ankommt, das Verhältniss an seiner wahren Stelle, d. h. unmittelbar an der Auflagerungsfläche zu beobachten, und dass entfernte Beobachtungspunkte nicht immer zu einer sicheren Entscheidung gelangen lassen.

Ein und dasselbe geschichtete Gebirgsglied kann jedoch an verschiedenen Stellen seines Verbreitungsgebietes theils concordante, theils discordante Lagerung zu einem und demselben anderen Schichtensysteme zeigen; in solchem Falle gewinnen diejenigen Punkte eine besondere Wichtigkeit, wo die Discordanz der Lagerung vorliegt. Indessen giebt es doch viele Gebirgsglieder, bei denen die gleichförmige Lagerung

als das gewöhnliche und gesetzmässige Verhältniss ihrer Aufeinanderfolge zu betrachten ist, wogegen wiederum andere in der Regel mit abweichender Lagerung angetroffen werden.

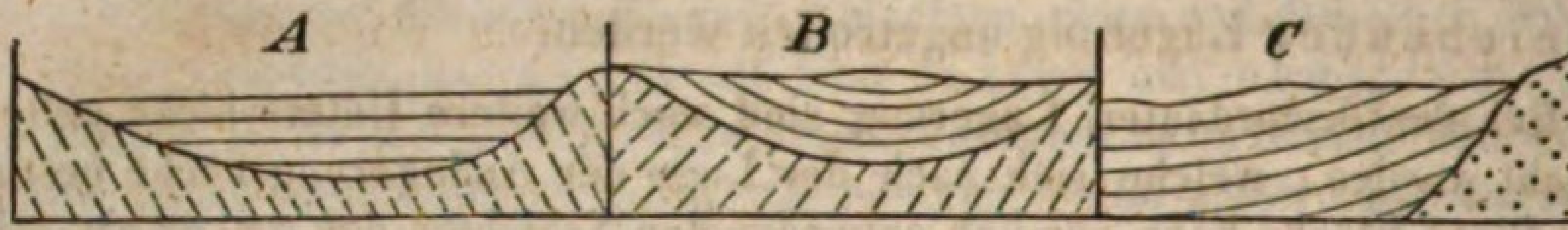
Bei der discordanten Lagerung sind noch weitere Unterschiede geltend gemacht worden, welche sich nach der Lage der Auflagerungsfläche bestimmen. Diese Fläche kann nämlich entweder den Schichten des unteren, oder den Schichten des oberen Gebirgsgliedes parallel sein, oder sie kann beide Schichtensysteme durchschneiden. Den ersteren Fall hat man wohl auch als gemein abweichende, die beiden anderen als übergreifend abweichende Lagerung bezeichnet. Allein die sogenannte gemein abweichende Lagerung dürfte nur selten auf grössere Strecken fortsetzend gefunden werden, und würde dann jedenfalls als eine ungemeine Erscheinung zu betrachten sein. Denn wo einmal discordante Lagerung Statt findet, da wird sie in der Regel für das eine Gebirgsglied als übergreifend in diesem Sinne erkannt werden, und der ganze Unterschied hat daher keine besondere Wichtigkeit. Weit zweckmässiger scheint es, den Begriff der übergreifenden Lagerung, wie es jetzt gewöhnlich geschieht, folgendermaassen zu bestimmen.

Wenn ein Gebirgsglied zweien oder mehren verschiedenen Gebirgsgliedern zugleich aufgelagert ist, so dass es aus dem Gebiete des einen in das Gebiet des anderen hinübergreift, so sagt man, dass es übergreifend gelagert sei. Die übergreifende Lagerung in dieser Bedeutung des Wortes ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, welche zuweilen bei bergmännischen Unternehmungen eine sorgfältige Berücksichtigung erfordert.

In Fig. 1 des letzten Holzschnittes greift das Gebirgsglied *c* aus dem Gebiete von *b* in das Gebiet von *a* über. So ist z. B. in Sachsen im Erzgebirgischen Bassin das Rothliegende dergestalt gelagert, dass es aus dem Gebiete der Steinkohlenformation häufig in das Gebiet des Thonschiefers übergreift; Aehnliches findet im Döhlener Steinkohlenbassin Statt.

Ein, namentlich in praktischer oder bergmännischer Hinsicht sehr wichtiges Verhältniss betrifft ferner die Lage der Schichten-Endflächen, oder der Querschnitte, mit welchen die Schichten eines Gebirgsgliedes zu Ende gehen. Diese Endflächen können nämlich entweder abwärts, also der Auflagerungsfläche, oder aufwärts, also der Erdoberfläche, oder auch theils abwärts, theils aufwärts gerichtet sein. In den beiden letzteren Fällen bilden die aufwärts gerichteten Endflächen zugleich die Querschnitte der sogenannten Ausgehenden oder Ausstriche der Schichten (S. 501), d. h. derjenigen Enden derselben, welche an der jetzigen oder ehemaligen Erdoberfläche hervortreten. Da nun diese Ausstriche, wenn sie auch ursprünglich einmal unbedeckt waren, später durch darüber abgelagerte Massen verdeckt worden sein können, so unterscheidet man sie als offene und verdeckte Ausstriche.

Ueberhaupt lassen sich also nach allen diesen Verhältnissen folgende Modalitäten der Lagerung unterscheiden:



a) Lagerung mit abwärts gerichteten Endflächen der Schichten; Fig. *A*.
b) Lagerung mit aufwärts gerichteten Endflächen der Schichten; Fig. *B*.
 α) mit offenen Ausstrichen, und
 β) mit verdeckten Ausstrichen;
c) Lagerung mit theils aufwärts, theils abwärts gerichteten Endflächen der Schichten, Fig. *C*, wobei abermals die ersteren theils als offene, theils als verdeckte Ausstriche erscheinen können.

Da die Ausstriche der Schichten die sichersten Nachweisungen über das etwaige Vorkommen nutzbarer Lager oder Flötze gewähren, und da in ihrer Nähe wenigstens die ersten Versuchsarbeiten zur Erforschung der Mächtigkeit und Bauwürdigkeit solcher Lagerstätten auszuführen sind, so ist allerdings die Lagerung mit verdeckten Ausstrichen ein in praktischer Hinsicht weit ungünstigeres Verhältniss, als die Lagerung mit offenen Ausstrichen.

Endlich hat man noch gewisse Lagerungsformen der geschichteten Gebirgsglieder unterschieden, welche wesentlich in der Oberflächenform ihrer Unterlage begründet sind, ohne dass dabei die Structur dieser letzteren in Rücksicht kommt. Als dergleichen Lagerungsformen werden besonders die buckelförmige Ueberlagerung, die mantelförmige Umlagerung, die bassinförmige Einlagerung, so wie die deckenförmige und kuppenförmige Auflagerung aufgeführt.

a) Buckelförmige Ueberlagerung findet für ein geschichtetes Gebirgsglied da Statt, wo dasselbe über einer auffallenden Erhöhung seiner Unterlage eine stetige Bedeckung bildet, in deren Form und Structur sich die Erhöhung der Unterlage wiederholt.

b) Mantelförmige Umlagerung findet Statt, wenn das Untergebirge in einer völlig abgeschlossenen Partie hervortritt, um welche das geschichtete Gebirgsglied ein stetig ausgedehntes, völlig umlaufendes Schichtensystem mit exoklinen Fallrichtungen bildet. Das Untergebirge ist also nach oben unbedeckt, während es nach allen Seiten von einem abgestumpft kegelförmigen Schichtensysteme, gleichsam wie von einem Mantel, umhüllt wird; woher auch von Werner der Name für diese Lagerungsform entlehnt worden ist.

Diese Lagerungsform kommt besonders bei gewissen vulcanischen Bergen, bei den Erhebungskrateren und Ringgebirgen vor, und ist oft dadurch ausgezeichnet, dass das mantelförmige Schichtensystem mit seinem inneren Rande einen Circus bildet, dessen Massen mehr oder weniger hoch über die zunächst angränzenden Regionen des centralen Untergebirges aufragen.

Bassinförmige Einlagerung schreibt man einem geschichteten Gebirgsgliede zu, wenn dasselbe eine bassinartige Vertiefung seiner Unterlage erfüllt; es bildet in diesem Falle gewöhnlich ein bassinförmiges oder ein muldenförmiges Schichtensystem, je nachdem das Verhältniss der Länge zu der Breite ist.

Es kommt diese Lagerungsform sehr häufig bei der Steinkohlenformation und überhaupt bei limnischen Bildungen vor, während sie bei marinen Bildungen nur selten beobachtet wird, wie sich aus den Verhältnissen und Bedingungen dieser beiderlei Bildungen von selbst ergiebt.

Deckenförmige oder auch **plateauförmige Auflagerung** findet Statt, wenn ein horizontal geschichtetes Gebirgsglied über seiner Unterlage in grosser horizontaler Ausdehnung nach allen Richtungen hin stetig abgelagert ist; und zwar nennt man diese Auflagerung plateauförmig insbesondere, wenn die Decke überall, und auch an ihren Rändern höher aufragt, als ihre Unterlage.

Was endlich die kuppenförmige Auflagerung betrifft, so fällt solche bei geschichteten Gebirgsgliedern entweder mit der buckelförmigen Ueberlagerung zusammen, oder sie ist nur eine secundäre Lagerungsform, entstanden durch die Zerstörung und Wegführung des grössten Theiles eines deckenförmigen oder plateauförmigen Schichtensystemes, von welchem einzelne Theile rückständig blieben, und nun als Kuppen über ihre Umgebung aufragen. Die kuppenförmige Bildung ist in einem solchen Falle eigentlich gar nicht als eine ursprüngliche Lagerungsform, sondern als die specielle Reliefform des Ueberrestes irgend eines zerstückelten Gebirgsgliedes zu betrachten.

Werner pflegte noch unter dem Namen der schildförmigen Anlagerung diejenige Lagerungsform aufzuführen, da ein Gebirgsglied von beschränkter Ausdehnung auf seiner mehr oder weniger steil abfallenden Unterlage etwa so aufliegt, wie ein an einem Bergabhange angelehntes Schild. Diese, im Allgemeinen seltene Lagerungsform dürfte bei geschichteten Gebirgsgliedern meistentheils als eine secundäre Form zu betrachten sein, indem die schildförmig angelagerte Masse nur der Ueberrest eines ehemals weiter verbreiteten Schichtensystemes ist*).

Noch ist, namentlich in Betreff der zuletzt erwähnten Lagerungsformen, folgende allgemeine Bemerkung einzuschalten. Die Lagerung

*) Das Vorkommen des Thonsteinporphyrs in Herzogswalde, welches Werner als ein besonders charakteristisches Beispiel solcher schildförmigen Lagerung anführte, ist nichts Anderes, als der durch die Thalbildung entblöste Querschnitt eines mächtigen Porphyrganges. Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann u. Cotta, Heft V, S. 94.

der geschichteten Gebirgsglieder, und zumal derjenigen, welche in irgend einem Landstriche als eine der zuletzt abgelagerten Bildungen unmittelbar an der Oberfläche auftreten, erscheint entweder stetig, oder unterbrochen. Bei stetiger Lagerung lässt sich das betreffende Schichtensystem in ununterbrochener Ausdehnung über grosse Räume verfolgen. Bei unterbrochener Lagerung tritt dasselbe nur hier und da, in einzelnen Partieen auf, welche durch grössere oder kleinere Zwischenräume getrennt werden, in welchen nur tiefere Bildungen zu Tage austreten. Diess Verhältniss kann bisweilen so weit gehen, dass ein Schichtensystem nur noch in lauter kleinen, abgesonderten Parcellen existirt, welche, bei sehr verschiedener Form und Ausdehnung, im Gebiete älterer Bildungen regellos zerstreut liegen, bald einzelne Vertiefungen derselben erfüllend, bald kuppenförmig aufragend.

Gewöhnlich findet eine solche unterbrochene Lagerung schon in der Nachbarschaft grösserer, stetig abgelagerter Gebirgsglieder desselben Schichtensystemes Statt; auch pflegen wohl die einzelnen Parcellen um so kleiner und sparsamer aufzutreten, je weiter man sich von der Gränze eines solchen grösseren Gebietes entfernt. Doch kommen auch bisweilen ganz isolirte, sporadisch auftretende Parcellen eines Schichtensystemes in bedeutender Entfernung von der zunächst liegenden grösseren Ablagerung vor*).

Da nun nothwendig anzunehmen ist, dass alle dergleichen vereinzelte Partieen eines und desselben Schichtensystems ursprünglich mit einander und mit den benachbarten grösseren Ablagerungen in stetigem Zusammenhange standen, so ist diese unterbrochene und sporadische Lagerung nur als die Folge grosser Zerstörungen und Wegführungen zu betrachten, welchen das ehemals viel weiter und stetig ausgedehnte Schichtensystem in denjenigen Regionen unterworfen gewesen ist, wo gegenwärtig noch diese Ueberbleibsel desselben in zerstückelter Lagerung angetroffen werden.

§. 242. *Verknüpfung der geschichteten Gebirgsglieder.*

Nachdem wir die wichtigsten Structur- und Lagerungs-Verhältnisse der geschichteten Gebirgsglieder kennen gelernt haben, müssen wir noch einen Blick auf die gegenseitige Verknüpfung dieser Gebirgsglieder werfen.

Da bei discordanter Lagerung zweier geschichteter Gebirgsglieder nothwendig eine Unterbrechung, eine Discontinuität ihrer Bil-

*) Solche vereinzelte Vorkommnisse sind es besonders, welche die Englischen Geologen *outlier* nennen, «ein Ausdruck, der nicht füglich ins Teutsche zu übersetzen ist.» Handbuch der Geognosie von De-la-Beche, übersetzt von v. Dechen, S. 28.

dung Statt gefunden haben muss, so kann auch in solchem Falle von einer eigentlichen Verknüpfung derselben gar nicht die Rede sein.

Das untere Gebirgsglied war in der Regel schon lange gebildet, und hatte schon mehr oder weniger bedeutende Dislocationen und Zerstörungen erlitten, als die Ablagerung des oberen Gebirgsgliedes erfolgte. Zwischen der Bildung beider Schichtensysteme liegt ein grosser Zeitabschnitt, während dessen mancherlei Umwälzungen Statt fanden, so dass an einen wesentlichen Zusammenhang, an eine successive Entwickelung, an ein organisches Eingreifen beider Gebirgsglieder durchaus nicht zu denken ist. Das einzige Verhältniss, welches allenfalls als eine Art von Verknüpfung betrachtet werden könnte, ist das zuweilige Vorkommen von Fragmenten oder Geröllen des unteren Gebirgsgliedes in den unmittelbar angränzenden Schichten des oberen Gebirgsgliedes; und wo also dergleichen beobachtet werden, da hat man sie allerdings mit zu erwähnen.

Dagegen lassen die durch concordante oder gleichförmige Lagerung verbundenen Gebirgsglieder mancherlei Modalitäten der Verknüpfung erkennen. Es kann aber eine solche Verknüpfung in zweierlei Richtung, entweder rechtwinkelig auf die Schichtung, oder parallel derselben Statt finden.

Rechtwinkelig auf die Schichtung zeigen zwar die, in concordanter Lagerung auf einander folgenden Gebirgsglieder nicht selten eine scharfe Scheidung, welche theils durch eine Schichtungsfuge, theils auch durch ein Zwischenlager (S. 915) ausgesprochen ist, oberhalb und unterhalb welcher die verschiedenen Gesteine beider Gebirgsglieder in ununterbrochener Folge anstehen. Sehr häufig giebt sich aber auch eine Verknüpfung zu erkennen, welche besonders auf dreierlei verschiedene Weise, nämlich als Gesteinsübergang, als übergreifende Concretionsbildung, oder als Wechsellagerung ausgebildet sein kann.

a) Gesteinsübergang. Es ist gar nicht selten der Fall, dass zwei in concordanter Lagerung auf einander folgende Gebirgsglieder gegen ihre Gränze hin so allmälig in einander verlaufen, dass man nicht genau anzugeben vermag, wo das eine Gestein aufhört und das andere Gestein beginnt, dass man vielmehr ganz unmerklich aus dem Gebiete des einen Gesteins in das des anderen gelangt, ohne irgendwo eine scharfe Gränze ziehen zu können.

Auf diese Weise sind z. B. sehr häufig die aus Gneiss, Glimmerschiefer und Thonschiefer bestehenden Gebirgsglieder mit einander verknüpft. Auch kommen ähnliche, rechtwinkelig auf die Schichten ausgebildete Verknüpfungen zwischen Conglomeraten und Sandsteinen, zwischen Sandsteinen und Schieferthonen, zwischen Sandstein und Kalkstein, u. s. w. vor.

b) Uebergreifende Concretionsbildung. Bisweilen erscheinen zwei concordant gelagerte Gebirgsglieder an ihrer Gränze dadurch verbunden, dass noch einzelne Concretionen (gewöhnlich Nieren von lenticularer oder von abgeplattet ellipsoidischer Form, oder auch Lagen und Schmitzen) des einen

Gesteines innerhalb der zunächst folgenden Schichten des anderen Gesteines mehr oder weniger reichlich zur Ausbildung gebracht sind. Gewöhnlich pflegen diese Nieren oder Lagen in den ersten Schichten grösser und zahlreicher aufzutreten, weiterhin aber an Grösse und Zahl immer mehr abzunehmen, bis sie endlich ganz verschwinden. Sie stellen gleichsam eine Recidivbildung, eine zerstückelte Nachgeburt des vorausgegangenen Gebirgsgliedes dar, zu welchem sie ihrem Gesteine nach gehören. Mitunter kommt es wohl auch vor, dass dieses Verhältniss gegenseitig ausgebildet ist, indem z. B. an der Gränze zweier Gebirgsglieder *A* und *B* das Gebirgsglied *A* Lagen und Schmitzen von *B*, und dieses eben dergleichen Concretionen von *A* umschliesst.

c) Wechsellagerung. Dieses bereits oben S. 903 erwähnte Verhältniss begründet eine der gewöhnlichsten Verknüpfungsarten concordant gelagerter Gebirgsglieder, welche namentlich an der Gränze sedimentärer Gesteine sehr häufig zu beobachten ist. Es wird dadurch für die beiderseitigen Schichten eine Art von oscillatorischer Combination zu Wege gebracht, indem sich die Schichten des einen Gesteines zwischen jene des anderen Gesteines eindrängen, anfangs stärker und zahlreicher, allmälig immer schmäler und seltener, bis sie zuletzt gänzlich zwischen den Schichten des zweiten Gesteines verschwinden, und nun diese allein vorhanden sind.

Die Verknüpfung concordant gelagerter aber verschiedenartiger Gebirgsglieder in einer ihren Schichten parallelen Richtung, oder, wie man auch sagt, in der Richtung des Streichens, weil sie gewöhnlich in dieser Richtung beobachtet wird, findet auf dieselben drei Arten Statt, wie wir solche so eben rechtwinkelig auf die Schichtung kennen gelernt haben; also entweder durch Gesteinsübergänge, oder durch eine seitwärts ausgreifende Concretionsbildung, oder auch durch eine eigenthümliche Art von Wechsellagerung, welche wir die zwischengreifende oder auskeilende Wechsellagerung nennen wollen.

a) Gesteinsübergang. Wenn die Verknüpfung durch Gesteinsübergang Statt findet, so verläuft das Gestein des einen Gebirgsgliedes ganz allmälig innerhalb seiner Schichten in das Gestein des anderen Gebirgsgliedes. Beide Gebirgsglieder gehören daher eigentlich einem und demselben Schichtensysteme an, welches nur in zwei entgegengesetzten Regionen mit wesentlich verschiedenen petrographischen Eigenschaften ausgebildet ist. Dergleichen Erscheinungen sind gar nicht selten; z. B. zwischen Gneiss und Glimmerschiefer, zwischen Glimmerschiefer und Thonschiefer, zwischen Thonschiefer und allen den verschiedenen metamorphischen Gesteinen, welche in der Nähe grösserer Granitablagerungen aus ihm hervorgehen; eben so finden sie sich zwischen Kalkstein und Sandstein, wie z. B. der Pläner des Dresdner Bassins von Pirna aus aufwärts gegen Schandau in Sandstein übergeht; auch zwischen Conglomerat und Sandstein ist dieser Uebergang eine ganz gewöhnliche Erscheinung.

b) Seitwärts ausgreifende Concretionsbildung. Die anfangs stetig ausgebildeten Schichten eines Gebirgsgliedes *A* zerschlagen sich in ihrem weiteren Verlaufe in lauter einzelne Nieren, zwischen denen sich das

Material eines zweiten Gebirgsgliedes *B* einfindet; diese Nieren werden weiterhin immer kleiner und sparsamer, während das Gestein *B* immer vorwaltender wird, bis solches zuletzt die Schichten allein zusammensetzt.

c) Auskeilende Wechsellagerung. Das Gebirgsglied *A* und das Gebirgsglied *B* sind beide in grösserer Entfernung von einander rein und



selbständig ausgebildet. Allein, wie man von *A* nach *B* fortgeht, so beginnen die Schichten oder Schichtengruppen von *A* sich allmälig zu verschmälern, indem sie zugleich durch zwischengreifende Lagen von *B* getrennt werden. Genau dasselbe findet für die Schichten des Gebirgsgliedes *B* in entgegengesetzter Richtung Statt. Beide Schichtensysteme greifen also in einander ein, und befinden sich auf eine lange Strecke im Verhältnisse der Wechsellagerung, welche jedoch, wegen des allmäligen Auskeilens und endlichen Verschwindens der Schichten, als eine auskeilende Wechsellagerung bezeichnet werden muss.

Ein ausgezeichnetes Beispiel solcher Verknüpfung liefern der Kohlenkalkstein des mittleren, und der Kohlensandstein des nördlichen England. In Derbyshire erscheint der Kohlenkalkstein als eine einzige und ungetrennte Ablagerung von mehr als 800 F. Mächtigkeit; allein gegen Norden, nach dem Wear- und Tyne-Flusse hin, verändert sich diess allmälig, indem sich zwischen die Kalksteinschichten Lagen von Schieferthon und Sandstein eindrängen, welche in demselben Maasse nach Norden hin mächtiger werden, in welchem sich die Kalksteinschichten verschmälern, bis endlich am Tyne die zusammenhängende Masse des Kalksteins verschwunden ist, und eine Wechsellagerung von Kalkstein, Sandstein und Schieferthon ansteht, in welcher noch weiter nördlich die beiden letzteren Gesteine immer mehr das Uebergewicht erhalten. — Auf eine ähnliche Weise scheint der Muschelkalk, von Teutschland aus in nordwestlicher Richtung, zwischen dem Buntsandsteine und Keuper zur Auskeilung zu gelangen, wie Hoffmann's Beobachtungen bei Ibbenbühren gelehrt haben, daher er denn auch in England so gut wie gar nicht existirt. — Eben so scheinen im Bassin von Paris der Süsswasserkalkstein der südlichen Regionen und der Meereskalkstein der nördlichen Regionen durch eine solche auskeilende Wechsellagerung mit einander in Verbindung zu stehen.

C. Lagerungsformen und Structur-Verhältnisse der massigen Gebirgsglieder.

§. 243. *Lagerungsformen der massigen Gebirgsglieder.*

Da die Structur-Verhältnisse der massigen oder, wie man sie nach ihrer gewöhnlichen Bildungsweise nennen kann, der eruptiven Gebirgsglieder wesentlich von ihren Form-Verhältnissen abzuhängen pflegen, so

erscheint es zweckmässig, ihre Lagerungsformen zuerst in Betrachtung zu ziehen.

Die massigen Gesteine erscheinen sehr häufig in der Form von Stöcken, unter welchen besonders die amorphen Stöcke zuweilen ausserordentlich grosse Dimensionen gewinnen. Dann treten sie auch oft als Kuppen auf, welche jedoch von den kuppenförmigen Hervorragungen der Stöcke und Gänge eben sowohl, wie von den kuppenähnlichen Ueberbleibseln deckenförmiger und stromförmiger Gebirgsglieder zu unterscheiden, und daher als ursprüngliche Kuppen zu bezeichnen sind. Decken und Ströme bilden gleichfalls ein paar Lagerungsformen, welche namentlich bei einigen neueren eruptiven Formationen sehr gewöhnlich sind. Es kommen aber auch eigenthümliche Lager und Schichten, ja sogar förmliche Schichtensysteme vor, welche in der Stetigkeit und Regelmässigkeit ihrer Schichten bisweilen mit den sedimentären Schichtensystemen wetteifern.

Alle diese Formen stehen in einem gewissen Zusammenhange mit Gängen und gangartigen Gebirgsgliedern, welche unstreitig als die wichtigste Ausbildungsform der eruptiven Gesteine zu betrachten sind. Ja, man kann fast behaupten, dass die Gänge eine nothwendige Ausbildungsform derselben sind, weil ihre so charakteristische durchgreifende Lagerung als eine unerlässliche Bedingung für die Möglichkeit jeder anderen Lagerungsform erfordert wird. Jede eruptive Gesteinsmasse muss irgendwo mit einem gangartigen Gebirgsgliede desselben Gesteins in Verbindung stehen, oder doch ehemals gestanden haben. Uebrigens sind es gerade die massigen Gebirgsglieder, welche an ihren Gränzen sehr häufig die oben S. 905 erwähnten Apophysen in das Nebengestein aussenden.

Bei den folgenden specielleren Bemerkungen über die genannten Lagerungsformen wird es zweckmässig sein, mit den Gängen zu beginnen.

a) Gänge. Sie sind häufig sehr regelmässig, in der Gestalt vollkommener Parallelmassen ausgebildet; aber, von diesem einen Extreme der höchsten Regelmässigkeit ausgehend, verlaufen sie durch eine Menge Abstufungen von minder vollkommenen Formen bis in die Form von sehr langgestreckten Stöcken. Alle diese Formen schliessen sich jedoch insofern den Parallelmassen an, wiefern sie, eben so wie diese, eine vorherrschende Ausdehnung nach einer Fläche besitzen.

Wenn die Gänge eruptiver Gesteine in geschichteten Gebirgsgliedern aufsetzen, so durchschneiden sie in der Regel die Schichten derselben unter einem grösseren oder kleineren Winkel. Indessen kommt es auch nicht selten vor, dass sie auf bedeutende Strecken völlig parallel zwischen zweien Schichten eingeschlossen sind, in welchem Falle sie Lagergänge genannt werden. Bisweilen durchschneidet ein solcher Lagergang plötzlich einige Schichten,

um dann zwischen zwei anderen Schichten auf ähnliche Weise fortzusetzen; ein Verhältniss, welches sich mitunter mehrfach hintereinander wiederholt. Wo die Gänge in massigen Gesteinen aufsetzen, da können natürlich dergleichen gegenseitige Lagerungsbeziehungen gar nicht vorkommen. In allen Fällen aber pflegen die Gesteinsgänge abnorme Verbandverhältnisse zu zeigen, indem nur da, wo sie als Lagergänge ausgebildet sind, stellenweise das Gegentheil Statt finden kann; obwohl sie auch dann noch locale Unregelmässigkeiten, Apophysen oder andere Erscheinungen erkennen lassen, durch welche ihre wahre Natur dargethan wird.

Die Dimensionen der Gesteinsgänge zeigen sehr grosse Verschiedenheiten. Bisweilen sind sie nur wenige Fuss mächtig, und in solchem Falle als untergeordnete Gebirgsglieder zu betrachten, welche sich auch in der Richtung ihres Streichens gewöhnlich nicht sehr weit verfolgen lassen. Andere Gänge besitzen eine Mächtigkeit von 10, 20, 30 bis 100 Fuss und darüber, bei einer angemessenen Längenerstreckung. So ist z. B. die Teufelsmauer, bei Böhmisch-Aicha im Bunzlauer Kreise, ein 15 F. mächtiger Basaltgang von mehr als zwei Stunden Länge. Man kennt aber auch Gänge von Basalt, Porphyr, Melaphyr u. a. Gesteinen, welche mehre Meilen weit fortsetzen, und dabei eine Mächtigkeit von vielen hundert, ja von tausend und mehr Fuss erlangen. Auch zeigt oft ein und derselbe Gang an verschiedenen Stellen eine sehr verschiedene Mächtigkeit, indem Anschwellungen und Verschmälerungen mehrfach mit einander abwechseln. Ja, bisweilen tritt sogar ein und derselbe Gang nur an einzelnen Punkten und Strichen seiner Streichlinie zu Tage aus, während er sich in den zwischenliegenden Strecken nach oben auskeilt, bevor er die Erdoberfläche erreicht.

Die Gränzflächen oder Salbänder dieser Gänge sind theils eben, theils uneben, gekrümmt oder aus- und einwärts gebogen, bisweilen sogar winkelig oder aus- und einspringend, überhaupt aber sehr verschiedentlich gestaltet. Doch kommen auch nicht selten eruptive Gesteinsgänge vor, welche auf weite Strecken eine auffallende Ebenheit ihrer Salbänder erkennen lassen. Bisweilen gehen von den Gränzflächen solcher Gänge seitliche Ausläufer oder Verzweigungen ab, welche das Nebengestein bald regellos durchschneiden, bald auf den Schichtungsfugen desselben eindringen. Wenn dergleichen, parallel zwischen den Schichten eingeschobene Apophysen eines Ganges auf grössere Entfernungen fortsetzen, so können sie dort leicht für regelmässige Lager gehalten werden; doch pflegen sie gewöhnlich an einzelnen Punkten abnorme Verbandverhältnisse zu zeigen, und dadurch ihre eigentliche Natur zu verrathen.

Mancher Gang spaltet sich zumal gegen das Ende seines Verlaufes in zwei oder mehre, fast parallele oder doch nur sehr wenig divergirende Zweige, welche seine Trümer genannt werden, und gewöhnlich durch Auskeilung endigen. Diese Erscheinung kann theils seitwärts, in der Richtung des Streichens, theils aufwärts in der Richtung der Falllinie oder Aufsteigungslinie des Ganges Statt finden.

Oft setzen in einer und derselben Gegend mehre, ja bisweilen recht viele Gänge desselben Gesteins (oder auch verschiedener Gesteine) nahe bei einander auf. Eines der merkwürdigsten Beispiele der Art beschreibt Macculloch von Strathaird auf der Insel Sky, wo eine sehr grosse Anzahl senk-

rechter Trappgänge eine horizontal geschichtete Sandsteindecke durchschneiden. Auch die Kraterwände mancher Vulcane werden von sehr vielen Lavagängen nach allen Richtungen durchzogen.

Häufig kommt es vor, dass ein Gang von einem anderen durchschnitten wird, indem der letztere ununterbrochen durch den Körper des ersteren Ganges hindurchsetzt. Diese, besonders zwischen verschiedenartigen Gängen sehr oft wahrzunehmende Erscheinung ist von der grössten Wichtigkeit für die relative Altersbestimmung der betreffenden Gesteine. Da nämlich ein jeder Gang nichts Anderes ist, als das Ausfüllungsmaterial einer Spalte, so wird sich in einem solchen Falle der durchsetzende Gang nothwendig später gebildet haben, als der durchsetzte Gang; denn dieser musste ja schon vorhanden sein, als die zweite Spaltenbildung eintrat, durch welche er selbst zerschnitten, und dem neuen Gange sein eigentlicher Bildungsraum eröffnet wurde.

b) Stöcke. Unmittelbar an die Gänge der massigen oder eruptiven Gesteine schliessen sich die Stöcke derselben an, welche in den meisten Fällen ganz entschieden den Charakter der Gangstöcke (S. 917) an sich tragen. Sie durchschneiden daher gewöhnlich die Schichten des Nebengesteins, und vereinigen mit dieser durchgreifenden Lagerung abnorme Verbandverhältnisse, gerade so, wie diess bei den Gängen der Fall ist.

Ihre Formen sind äusserst verschieden; bald nähern sie sich der Gangform, in welchem Falle sie nur kurze aber sehr mächtige Gänge sind; bald haben sie die Form eines aufsteigenden Keiles; bald sind sie so unregelmässig oder doch so unbestimmt contourirt, dass man sie nur als regellose Stöcke bezeichnen kann. Für diese letzteren, welche oft sehr grosse Horizontal-Dimensionen besitzen, und zwischen anderen Gebirgsgliedern eingesenkt zu sein pflegen, hat Omalius d'Halloy den Namen Typhon vorgeschlagen*), welcher zugleich das Gigantische ihrer Dimensionen und das Ungeschlachte ihrer Formen auszudrücken geeignet ist. Wir wollen sie daher typhonische Stöcke nennen; es sind die unbestimmt-massigen Gebirgsglieder mancher teutschen Geognosten.

Ueber die Formen dieser typhonischen Stöcke lässt sich deshalb im Allgemeinen nicht viel sagen, weil jeder einzelne Fall seine besonderen Eigenthümlichkeiten darbietet. Da sie gewöhnlich unter anderen Gebirgsgliedern hervorragen, von welchen sie in horizontaler Richtung ringsum begränzt werden, so giebt sich auch ihre Form meist nur in der Horizontalprojection zu erkennen; bisweilen sind sie fast in umschlossener oder auch mit untergreifender Lagerung ausgebildet, und dann gleichfalls nur theilweise in ihren Formen entblöst. — Sehr oft erscheinen sie in der Horizontalprojection mit rundlichen Umrissen, fast kreisförmig, elliptisch, oval, jedoch mit mancherlei Ein- und Ausbuchtungen; nur selten sind sie auffallend in die Länge gestreckt, wodurch sich eine Annäherung an die Gangform zu erkennen giebt. Obwohl sie aber im Allgemeinen mehr arrondirte Formen zeigen, so erscheinen doch ihre Contoure keinesweges in allen Fällen durchaus krummlinig, son-

*) *Précis élémentaire de Géologie*, 1843, *p*. 138. Eben so hatte Al. Brongniart schon im Jahre 1829, in seinem *Tableau des terrains qui composent l'écorce du globe,* die eruptiven Formationen unter dem Namen *terrains typhoniens* eingeführt.

dern oft stellenweise auffallend geradling, oder mit aus- und einspringenden Winkeln versehen. Auch laufen von ihren Gränzen sehr häufig Apophysen in das Nebengestein aus, welche zuweilen recht ansehnliche Dimensionen gewinnen. Ihre lateralen Gränzflächen, welche meist nur in den Einschnitten der Thäler zu beobachten, bisweilen auch durch den Bergbau aufgeschlossen worden sind, haben oft eine sehr steile, fast senkrechte Lage, und lassen abnorme Verbandverhältnisse erkennen.

Die Dimensionen dieser typhonischen Stöcke sind zuweilen sehr bedeutend, und können in horizontaler Richtung eine Länge und Breite von mehren Meilen bedingen; andere erreichen nur einen Durchmesser von mehren tausend Fuss, und noch andere haben noch kleinere Dimensionen.

Sehr ausgezeichnete Beispiele solcher Stöcke liefert unter anderem der Granit, wo solcher in grösseren Massen innerhalb des Gneisses, Glimmerschiefers, Thonschiefers und Grauwackenschiefers auftritt. So erscheint er z. B. im Erzgebirge bei Bobritzsch und bei Flöhe (in Böhmen) im Gneisse, bei Geyer, Schwarzenberg und Schneeberg im Glimmerschiefer, bei Kirchberg und Lauterbach im Thonschiefer. Auf ganz ähnliche Weise tritt er im Gebiete der Grauwacke am Harze auf, wo die beiden Granitpartieen des Brockens und des Ramberges als ein paar colossale typhonische Stöcke emporsteigen. Gerade so ist auch sein Vorkommen in den Pyrenäen, in Cornwall, Devonshire und Schottland, in den Cevennen und in vielen anderen Gegenden.

c) Kuppen. Diese Lagerungsform der eruptiven Gesteine ist eine äusserst interessante, eine ihnen ganz eigenthümlich zukommende Erscheinungsweise, welche jedoch nicht nur bei massigen, sondern auch bei gewissen geschichteten Bildungen dieser Art angetroffen wird. Sie giebt sich durch eine kegelförmige oder pyramidale, durch eine glockenförmige oder domförmige, oft auch durch eine unregelmässig gestaltete Protuberanz zu erkennen, mit welcher die betreffenden Gesteins-Ablagerungen über ihre nächsten Umgebungen emporsteigen, daher sie immer als sehr eminente, aber mehr oder weniger isolirte Berge erscheinen. Das Wesentliche bei diesen Kuppen ist nun aber, dass sie sich nach allen ihren Verhältnissen als ursprüngliche Lagerungsformen erweisen, welche unmittelbar bei der Bildung des Gesteins, durch eine an Ort und Stelle Statt gefundene Aufthürmung desselben entstanden sind. Sie unterscheiden sich daher als primitive Kuppen von anderen, ihnen z. Th. sehr ähnlichen Formen, welche als secundäre Kuppen betrachtet werden müssen. Die Kriterien für diese Unterscheidung sind besonders in den Structur-Verhältnissen der Kuppen und in ihrem Zusammenhange mit gangartigen Gebirgsgliedern zu suchen, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Die Dimensionen dieser Kuppen sind sehr verschieden, können aber zuweilen in horizontaler wie in verticaler Richtung so bedeutend werden, dass die Kuppe als ein förmliches Massengebirge (S. 339) zu betrachten ist. Von diesen grössten kuppenförmigen Ablagerungen ausgehend finden sich nun abwärts alle mögliche Abstufungen der Grösse, bis sie zuletzt nur noch als hausgrosse und noch kleinere Massen aufragen.

Es sind besonders die Porphyre, Grünsteine, Trachyte, Phonolithe und Basalte, welche sehr häufig dergleichen kuppenförmige Gebirgsglieder bilden, wie diess die meisten Basalt- und Phonolith-Regionen z. B. in Böhmen, in der Lausitz in der Rhön, und die Trachyt-Regionen Ungarns und Frankreichs beweisen. Aber

auch die Vulcane und die, auf den Abhängen und in der Umgebung derselben so zahlreich vorkommenden Eruptionskegel gehören in diese Kategorie der Lagerungsformen, und man kann wohl behaupten, dass diese vulcanischen Berge die vollkommenste Ausbildungsform von dem darstellen, was man unter einer primitiven Kuppe vorzustellen hat. Sie unterscheiden sich aber von den übrigen Kuppen besonders durch ihren Krater und Eruptionscanal, welcher letztere freilich oft verstopft ist, so wie durch eine mehr oder weniger regelmässige Schichtung, welche allemal den Gesetzen eines kegelförmigen Schichtensystems (S. 924) unterliegt.

Nur in seltenen Fällen ist es bis jetzt gelungen, primitive Kuppen auf die Verhältnisse prüfen zu können, mit welchen sie in die Tiefe fortsetzen. Von der Basaltkuppe bei Stolpen in Sachsen ist es z. B. erwiesen, dass sie, obwohl nicht sehr hoch über den Granit der Umgegend aufragend, dennoch in bedeutende Tiefe fortsetzt, weil der dortige Schlossbrunnen 287 Fuss tief in Basalt abgeteuft worden ist*). Der Druidenstein, eine kleine Basaltkuppe bei Kirchen im Siegenschen, ist durch bergmännische Arbeiten untersucht worden, durch welche es sich herausgestellt hat, dass der Basalt in die Tiefe fortsetzt, und dass die Kuppe abwärts mit einem gangartigen Gebirgsgliede in unmittelbarer Verbindung steht**). Der Burgberg, eine bedeutende Porphyrkuppe zwischen Freiberg und Frauenstein, setzt an dem steilen Gehänge des Gimlitzthales als ein schmaler gangartiger Porphyrstreifen bis in die Thalsohle abwärts. Dasselbe ist mit einer Porphyrkuppe bei Klingenberg, zwischen Freiberg und Dippoldiswalde, in sehr ausgezeichneter Weise der Fall. Ueberhaupt dürften die primitiven Kuppen in der Regel nach der Tiefe eine indefinite Fortsetzung ihrer Masse durch gangartige Gebirgsglieder erkennen lassen.

Mit diesen primitiven Kuppen dürfen nun die auffallend kuppenartigen Bergformen vieler anderer Vorkommnisse von Basalt, Porphyr und ähnlichen Gesteinen durchaus nicht verwechselt werden, obgleich solche in ihrer Gestalt eine täuschende Aehnlichkeit mit jenen besitzen können. Dergleichen Formen, welche man secundäre Kuppen nennen kann, sind nämlich nichts Anderes, als das Werk der Zerstörung; sie sind einzelne rückständig gebliebene Theile anderer, ehemals viel weiter ausgedehnter Gebirgsglieder, können nur als besondere Formen der Berg- und Thalbildung, als Producte der Erosion, aber keineswegs als ursprüngliche Ablagerungsformen gelten, und verhalten sich in dieser Hinsicht gerade so, wie die Kuppen der geschichteten sedimentären Gesteine. Solche secundäre Kuppen finden sich z. B. häufig in allen denjenigen Gegenden, wo Basalte, Laven und ähnliche Bildungen verbreitet sind, oder doch ehemals verbreitet waren. Bisweilen erscheint ein Basaltstrom oder ein Lavastrom nur noch in einzelnen, kuppenähnlich aufragenden Ueberresten.

d) Ströme (*coulées*). Wenn eine massige Gesteins-Ablagerung von einer sehr vorherrschenden Längendimension sich in mehr oder weniger geneigter Lage von einem vulcanischen Eruptionspunkte aus abwärts erstreckt, und dabei den angränzenden Gebirgsgliedern entschieden aufgelagert zeigt, so nennt man sie einen Strom. Und in der That ist sie auch

*) Charpentier, Min. Geogr. der Chursächs. Lande, S. 36.

**) Nöggerath, das Gebirge in Rheinland-Westphalen, II, S. 220 ff.

nichts Anderes, als der in Erstarrung übergegangene Strom einer ursprünglich zähflüssigen Gesteinsmasse.

Dergleichen Ströme kommen besonders bei den eigentlichen Laven und bei denjenigen Gesteinen vor, welche mit der Familie der Lava in so genauer Beziehung stehen; also bei den Basalten, Trachyten, Phonolithen. Da es nun keinem Zweifel unterliegt, dass sie insgesammt durch die stromartige Fortbewegung und Ausbreitung einer im zähflüssigen Zustande hervorquellenden Masse gebildet wurden, so werden sie, den Bewegungsgesetzen der Flüssigkeiten zufolge, den Thälern, Schluchten und anderen Vertiefungen des Terrains gefolgt sein, um ihre Massen darin fortzuwälzen. Auf steil geneigtem Terrain sind sie meist schmal und nur wenig mächtig, während sie auf sanft geneigtem und fast horizontalem Grunde eine grosse Ausbreitung und Mächtigkeit gewinnen können (S. 165). — Zuweilen liegen zwei oder mehre Ströme von Lava oder Basalt über einander, indem die Massen verschiedener Eruptionen denselben Weg einschlugen, weil ihnen dieselben Terrain-Verhältnisse vorlagen.

e) Decken (*nappes*). Wenn sich eine mächtige und ausgedehnte Ablagerung massiger Gesteine bei ungefähr horizontaler Auflagerung nach allen Richtungen zusammenhängend über einen grösseren Landstrich ausbreitet, so nennt man sie eine Decke, oder ein Plateau. Diese Decken schliessen sich unmittelbar an die Ströme an, zu welchen sie sich etwa so verhalten, wie ein Landsee zu einem Flusse; die colossalen Lavaströme Islands erlangen stellenweise in ihrem Unterlaufe eine solche Breite, dass sie schon einen Uebergang in Lavadecken oder Lavaplateaus bilden.

Obgleich nun bei dergleichen Decken massiger Gesteine, welche sich zuweilen über viele Quadratmeilen ausbreiten, die beiden grossen Begränzungsflächen, nämlich die Oberfläche und Unterfläche, als ungefähr parallel gelten können, so darf man sich doch diesen Parallelismus nicht so regelmässig vorstellen, wie z. B. bei den Lagern und Schichten. Oft ist er nur sehr unvollständig ausgebildet, indem sowohl die Unterfläche als die Oberfläche mehr oder weniger bedeutende und einander durchaus nicht correspondirende Unebenheiten wahrnehmen lassen. Für die Unterfläche wird diess sehr häufig der Fall sein, weil sich in ihrer Form nothwendig alle die Unebenheiten der Auflagerungsfläche wiederholen müssen, welche in einem Landstriche oder in einer Region des Meeresgrundes von so bedeutender Ausdehnung natürlicherweise vorauszusetzen sind. Aber auch die Oberfläche sehr mächtiger und weit ausgedehnter Gebirgsglieder dieser Art zeigt nicht selten eine Abwechslung von Erhöhungen und Vertiefungen, von Bergen und Thälern, welche theils in localen Aufstauungen der Massen bei ihrer ursprünglichen Ablagerung, theils in späteren Dislocationen, in partiellen Hebungen und Senkungen, theils auch in denen durch die Verwitterung und die Gewässer bewirkten Erosionen und Zerstörungen begründet sind.

Auf diese Weise bildet z. B. der Basalt nicht selten weit ausgedehnte Decken oder Plateaus; wie z. B. im nördlichen Irland, in Centralfrankreich, im Böhmischen Mittelgebirge, und in anderen Gegenden. Auch der Granit scheint bisweilen über grosse Landstriche in der Form von mächtigen Decken verbreitet zu sein; und in Sachsen bedeckt der Porphyr in der Gegend zwi-

schen Rochlitz, Döbeln, Oschatz und Taucha einen Flächenraum von ungefähr 20 Quadratmeilen in fast ununterbrochener Ausdehnung.

f) Lager und Lagerstöcke. Die massigen Gesteine erscheinen aber auch bisweilen in der Form von Lagern und Lagerstöcken, von welchen namentlich die ersteren in der Regelmässigkeit ihrer Form und Ausdehnung mit den gleichnamigen Lagerungsformen der geschichteten Gebirgsglieder wetteifern können. Dergleichen Lager von massigen oder eruptiven Gesteinen lassen sich nun aber sehr häufig nur als Lagergänge, oder auch als lagerähnliche Apophysen anderer Gebirgsglieder von durchgreifender Lagerung erkennen; wie es denn überhaupt in der ganzen Natur der eruptiven Gesteine begründet ist, dass sie nicht füglich solche independente und selbständige Lager bilden können, wie sie bei den sedimentären Gesteinen vorkommen. Die meisten, wo nicht alle Lager von eruptiven Gesteinen werden daher irgendwo mit gangartigen Gebirgsgliedern derselben Gesteine in einem unmittelbaren Zusammenhange stehen; und wenn auch dieser Zusammenhang durch spätere Zerstörungen aufgehoben worden sein sollte, wenn auch ein solches Gesteinslager in seiner gegenwärtig noch vorliegenden Ausdehnung alle Eigenschaften eines Lagers in der strengeren Bedeutung des Wortes besitzen sollte, so ist doch anzunehmen, dass ursprünglich ein solcher Zusammenhang bestanden hat.

g) Schichten und Schichtensysteme. Endlich finden wir auch, dass massige oder eruptive Gesteine zuweilen in ganz regelmässigen Schichten abgelagert sind, welche, in vielfacher Wiederholung über einander liegend, mächtige und zum Theil weit ausgedehnte Schichtensysteme bilden. Nicht selten sind diese Schichten als so regelmässige Parallelmassen ausgebildet, dass sie in ihrer Form von den Schichten sedimentärer Gesteine kaum zu unterscheiden sind; nur vermisst man bei ihnen gewöhnlich das Merkmal einer gleichsinnigen Parallelstructur des Gesteines. Wenn aber auch dieses Merkmal, z. B. durch viele plattgedrückte und parallel abgelagerte Blasenräume, oder durch tafelartige und eben so abgelagerte Krystalle zur Ausbildung gelangt ist, dann lässt sich in der That kein wesentlicher Unterschied in der Erscheinungsweise solcher Schichten und der Schichten sedimentärer Gesteine auffinden. Desungeachtet aber giebt es doch ein Verhältniss, welches eine wesentliche Verschiedenheit zwischen den beiderseitigen Schichten begründet. Es ist diess der Zusammenhang mit gangartigen Gebirgsgliedern, gewöhnlich mit regelmässigen Gängen desselben eruptiven Gesteins, welcher für die Schichten eruptiver Gesteine in allen Fällen Statt findet, oder doch irgend einmal Statt gefunden haben muss.

Für die zuweilen vorkommende Schichtung eruptiver Gesteine liefern z. B. die Färöer, besonders aber die Insel Island sehr überzeugende Beispiele. Die Trappformation dieser grossen vulcanischen Insel ist, nach den Beobachtungen von Krug v. Nidda, in ihrer ganzen Ausdehnung auf das Regelmässigste geschichtet, so dass man kaum in Sedimentär-Formationen den gleichmässigen Parallelismus der Schichten schöner und vollkommener antrifft. So weit das Auge reicht, sieht man in denen über tausend Fuss hohen Felsengehängen die Trappschichten horizontal und völlig parallel fortlaufen, und oft liegen gegen hundert solcher Schichten über einander. Auch kommen zwischen diesen höchst regelmässigen Trappschichten einzelne Schichten von sedimentären

Gesteinen, von Thon, Sandstein und feinen Conglomeraten vor, so dass über das wirkliche Vorhandensein eines geschichteten Trappgebirges in Island durchaus kein Zweifel obwalten kann. Aber jede dieser Trappschichten steht nach unten mit einigen Gängen von Trapp in stetigem Zusammenhange*). — Eben so lässt der ungeheuere Basaltdistrict des Plateaus von Deccan in Vorderindien, nach den Berichten von Sykes, Clark und Conybeare, eine regelmässige Schichtung erkennen, indem eine Decke von basaltischem Gesteine über der anderen ausgebreitet ist**). Dieselbe Erscheinung wiederholt sich nach M'Cormick auf Kerguelen-Island, wo die Schichten, gerade wie Sandsteinschichten, in horizontalen Terrassen über einander liegen. — Auch viele Vulcane, und namentlich die Erhebungskegel derselben, lassen sehr ausgezeichnete Systeme von Lavaschichten wahrnehmen; wie z. B. der Monte Somma am Vesuv, und der Aetna im Val-del-Bove. — Man ersieht hieraus, dass die effusiven Schichten der eruptiven Gesteine eben so wohl mächtige und weit ausgedehnte Schichtensysteme bilden können, wie die sedimentären Schichten der im Wasser gebildeten Gesteine.

Die meisten der bisher betrachteten Lagerungsformen der massigen Gesteine sind nun gewöhnlich zu zweien oder mehren mit einander verbunden, und dadurch bilden sich jene eigenthümlichen Combinationen von Lagerungsformen aus, welche diese Gesteine zu zeigen pflegen. Besonders häufig kommt es vor, dass diejenigen massigen Gebirgsglieder, welche an und für sich nicht den Charakter von gangartigen Gebirgsgliedern besitzen, entweder an ihren Gränzen, oder an irgend anderen Stellen ihres Verlaufes mit Gängen und gangartigen Gebirgsgliedern combinirt sind, welche bald in kleineren, bald in grösseren Dimensionen auftreten, und daher theils als blose gangartige Apophysen, theils als förmliche untergeordnete Gebirgsglieder erscheinen.

So sind namentlich die typhonischen Stöcke an ihren Gränzen sehr häufig mit gangartigen Ausläufern versehen, indem der Hauptkörper des massigen Gesteins Gänge, Keile und Adern in die Massen des Nebengesteins hinaustreibt; wodurch jene eigenthümliche Junctur hervorgebracht wird, welche wir oben (S. 909) als ramificirenden Gesteinsverband kennen gelernt haben.

Diese Erscheinung ist in der That eine äusserst gewöhnliche, und man kann wohl behaupten, dass es z. B. keinen typhonischen Granitstock von einiger Ausdehnung giebt, an welchem dergleichen gangartige Ausläufer nicht nachzuweisen wären. Am frühesten wurde man in Schottland und England auf die Erkennung dieses merkwürdigen Verhältnisses geführt, weil dort sehr günstige Entblösungen vorliegen. Später sind jedoch ähnliche Erscheinungen

*) Krug v. Nidda, in Karstens Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. VII, 1834, S. 479 ff.

**) Sykes, in *Trans. of the Geol. Soc. 2. ser. IV, p.* 410; Clark, im *Quarterly Journal of the Geol. Soc. III,* 1847, *p.* 222; ebendaselbst p. 225 werden von Hamilton die Beobachtungen Conybeare's mitgetheilt.

fast überall erkannt worden, wo der Granit im Gebiete des Thonschiefers, Glimmerschiefers, Gneisses, oder auch der Grauwacke und des Grauwackenschiefers hervortritt.

Auch die Porphyre lassen nicht selten in ihren stockförmigen oder deckenförmigen Ablagerungen eine Verbindung mit gangartigen Gebirgsgliedern erkennen. So streckt z. B. die mächtige Porphyr-Ablagerung des Tharander Waldes in Sachsen an dreien Punkten ihrer Gränze drei mächtige Porphyrgänge, gleichsam wie eben so viele Hauptwurzeln in das angränzende Gneiss- und Schieferterrain hinaus. Der eine dieser Gänge beginnt in Tharand selbst, und lässt sich von dort aus in nördlicher Richtung über $^3/_4$ Stunden weit verfolgen; der andere, auf der Höhe des Landsberges bei Herzogswalde, ist etwa $^1/_4$ Stunde weit entblöst; der dritte, am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfhain, ist über $^1/_2$ Stunde lang, läuft der Gränze der grossen Porphyr-Ablagerung ziemlich parallel, und zeigt ausserdem noch sehr merkwürdige Verhältnisse, von welchen in §. 245 die Rede sein wird*). Es ist wohl kaum zu bezweifeln, dass die zusammenhängende Porphyrmasse des Tharander Waldes auch nach unten mit mehren Porphyrgängen in stetigem Zusammenhange steht.

Die mächtige Porphyrdecke, welche bei Flöha, zwischen Freiberg und Chemnitz, der dortigen Steinkohlenformation eingelagert ist, setzt an der Ausmündung des Forstbaches als Gangmasse durch die unter ihr liegenden Sandstein- und Conglomeratschichten, und bewirkt dabei zugleich eine sehr bedeutende Verwerfung des einen Gebirgstheils gegen den andern**).

Dass die Decken und Schichten von Basalt, Trapp und ähnlichen Gesteinen nach unten häufig mit Gängen desselben Gesteins zusammenhängen, diess wurde schon oben gelegentlich bemerkt. Zuweilen sieht man recht viele solcher Gänge, wie z. B. im Elbthale zwischen Aussig und Salesl, wo die dem Braunkohlensandsteine aufgelagerte mächtige Basaltdecke mit mehren bedeutenden Gängen in Verbindung steht. Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel dieser Art zeigt der beistehende Holzschnitt, welcher nach Macculloch eine Trappdecke



bei Swisnish-Point auf der Insel Sky darstellt, die mit zahlreichen, aus der Tiefe heraufsteigenden Trappgängen zusammenhängt. Dass aber auch die mächtigeren Gänge massiger Gesteine bisweilen mit Kuppen derselben in Verbindung stehen, welche als locale kuppenförmige Aufthürmungen und Ausbreitungen der Gesteinsmassen zu betrachten sind, verdient noch erwähnt zu werden.

*) Geognost. Beschreib. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft V, 1845, S. 215 ff.

**) Geogn. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, 1838, S. 389.

§. 244. *Structur der massigen und eruptiven Gebirgsglieder.*

Die massigen Gebirgsglieder zeigen gewöhnlich ganz andere Structur-Verhältnisse, als die geschichteten Gebirgsglieder, was seinen natürlichen Grund darin hat, dass diese letzteren aus weit fortsetzenden und regelmässig über einander liegenden Schichten bestehen, welche sehr verschiedene Formen und Gruppirungen zulassen, während bei den eruptiven Gesteinen eine solche Schichtung in der Regel vermisst wird.

a) Structur geschichteter Gebirgsglieder eruptiver Gesteine.

Nur die wirklich geschichteten Ablagerungen eruptiver Gesteine sind daher geeignet, wenigstens einige von denjenigen Structur-Verhältnissen zu zeigen, welche wir bei den übrigen geschichteten Gebirgsgliedern kennen gelernt haben. Indessen pflegen es doch nur zwei Modalitäten des Schichtenbaues zu sein, die bei ihnen angetroffen werden. Die eine ist die des horizontalen oder doch fast horizontalen Schichtenbaues, indem die geschichteten Decken von Basalt, Trapp und ähnlichen Gesteinen gewöhnlich dem Gesetze der horizontalen Ausbreitung unterworfen sind, oder doch nur eine geringe Einsenkung nach dieser oder jener Weltgegend erkennen lassen. Die zweite Modalität ist der bereits S. 924 erwähnte kegelförmige Schichtenbau, welcher die Vulcane, Erhebungskegel und Erhebungskratere aller Art auszeichnet, und allerdings in solchen Fällen, wo er aus regelmässigen und stetig fortsetzenden Lavaschichten, oder aus sedimentären Schichten besteht, nur durch die successive oder plötzliche Erhebung eines ursprünglich horizontalen Schichtensystemes um ein gemeinschaftliches Erhebungscentrum erklärt werden kann*).

*) Ich benutze diese Gelegenheit, um einen Fehler wieder gut zu machen, welchen ich S. 151 bei der Schilderung der Entstehung des Monte nuovo begangen habe. Es ist dort, auf den Grund nambafter Auctoritäten, die Ansicht adoptirt worden, dass dieser Berg kein Erhebungskrater sei, obgleich Leopold v. Buch schon im Jahre 1835 (Poggend. Ann. Bd. 37, S. 181 ff.) die gegentheilige Ansicht geltend gemacht hatte. Die dagegen vorgebrachten Bedenken müssen aber verschwinden, seitdem derselbe grosse Meister im Jahre 1845 die Veranlassung zu einer sehr genauen Untersuchung des Berges Seiten der geologischen Section der Italienischen Naturforscherversammlung gab, durch welche es erwiesen wurde, dass die Tuffschichten des Monte nuovo dieselben organischen Ueberreste enthalten, wie sie in der dortigen weit verbreiteten Formation des Pausilipptuffes vorkommen. Durch diese Entdeckung ist es ausser allen Zweifel gestellt, dass der Monte nuovo wirklich ein Erhebungskrater ist, dessen Erhebung in sehr kurzer Zeit bewerkstelligt

In den Eruptionskegeln dagegen ist dieser Schichtenbau als eine ursprüngliche Ausbildungsform zu betrachten, indem die, unter ziemlich steilen Winkeln über einander abgesetzten Schichten von Schlacken, Lapilli und vulcanischem Sande gleich bei dem Niederfalle ihres Materiales zu solcher Neigung gelangt sind.

Ein sowohl bei den deckenförmigen, als auch bei den kegelförmigen Schichtensystemen der eigentlichen eruptiven Gesteine sehr häufig vorkommendes Structur-Verhältniss ist es nun, dass solche von zahlreichen Gängen derselben Gesteine nach allen Richtungen durchschnitten werden. Diese Gänge erscheinen gewöhnlich als regelmässige Parallelmassen und ragen nicht selten wie Mauern hervor, wenn ihr Nebengestein theilweise zerstört und entfernt worden ist. Auch zeigen sie oft die Merkwürdigkeit, dass sie, aus der Tiefe heraufsteigend, in irgend einer der Schichten zu Ende gehen, mit welcher sie zu einem und demselben Gesteinskörper verbunden sind; zum offenbaren Beweise, dass die Spalten dieser Gänge nur die Ausflusscanäle waren, durch welche die eruptiven Gesteinsmassen aus dem Erdinnern hervordrangen.

So bemerkt z. B. Krug v. Nidda ausdrücklich, dass die so höchst regelmässig gelagerten Trappschichten Islands ausserordentlich häufig von Trappgängen durchsetzt werden, welche, wenn man sie von unten nach oben verfolgt, allemal in irgend einer der Trappschichten ihr Ende erreichen. Da nun jeder solche Gang dasselbe Gestein zeigt, wie diejenige Schicht, in welcher er mit voller Mächtigkeit zu Ende geht, so muss jede Trappschicht mit den ihr anhängenden Gängen als ein Ganzes, als das Resultat eines und desselben Bildungsactes betrachtet werden. — Aehnliche Erscheinungen wiederholen sich sehr häufig in den vulcanischen Bergen. So werden z. B. die kegelförmigen Schichtensysteme des Monte-Somma am Vesuv und des Aetna im Val-del-Bove von zahlreichen Lavagängen durchschnitten, welche gar nicht selten in irgend einer Lavaschicht ihr oberes Ende erreichen*), und bisweilen so zahlreich vorhanden sind, dass das System der Lavaschichten nach allen Richtungen von ihnen durchkreuzt, und gleichsam in grosse Fragmente zerstückelt erscheint, welche zwischen den Gängen suspendirt sind.

wurde. Leopold von Buch hat mich mit einem Briefe beehrt, in welchem diese schöne Entdeckung auf eine höchst geistreiche und lebendige Weise geschildert wird, und welcher, mit Genehmigung seines Verfassers, in der Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, Bd. 1, S. 107 f. abgedruckt worden ist.

*) Wie diess schon Fr. Hoffmann von der Südseite des M. Caliati berichtete (Geognost. Beobb. gesammelt auf Reisen durch Italien und Sicilien, 1839, S. 707), und auch Elie de Beaumont bestätigte, welcher ausdrücklich sagt, dass viele der Lavagänge des Val del Bove nach oben in einer der Lavaschichten endigen, deren Wurzel sie gleichsam bilden. *Mém. pour servir à une descr. géol. de la France, t. IV*, 1838, *p.* 134.

b) Structur der deckenförmigen und stromförmigen Gebirgsglieder.

Die deckenförmigen und stromförmigen Gebirgsglieder gewisser massiger Gesteine zeigen nicht selten eine säulenförmige Absonderung; so namentlich jene der Basalte, Anamesite, Trachyte, Laven, mancher Porphyre und Grünsteine, überhaupt derjenigen Gesteine, welche zur Ausbildung prismatischer Gesteinsformen besonders geeignet sind. Die Säulen pflegen dann in der Regel vertical zu stehen, oder doch nur sehr wenig von der verticalen Stellung abzuweichen. Man findet z. B. mächtige und weit ausgedehnte Basaltdecken, welche durchaus in verticale, einfache oder gegliederte Säulen abgesondert sind, so dass sich eine Säule an die andere anschliesst, und dass die entblösten Querschnitte einer solchen Ablagerung die herrlichsten Colonnaden darstellen. Auf ähnliche Weise ist die mächtige Porphyrdecke des südlichen Tyrol in der Gegend von Botzen durchaus in verticale Prismen gesondert. — Sind mehre Decken nach Art der Schichten über einander gelagert, so zeigt wohl bisweilen eine jede derselben die säulenförmige Absonderung, während in anderen Fällen solche Schichten, welche diese Absonderung besitzen, mit anderen Schichten abwechseln, an denen sie vermisst wird.

Es ist aber diese Absonderung in regelmässig gestellte verticale Säulen eine Erscheinung, welche wohl ursprünglich nur bei deckenförmigen, schichtenförmigen und breiten stromförmigen Gebirgsgliedern der eruptiven Gesteine zur Ausbildung gelangen konnte. Wenn wir also isolirte Kuppen von dergleichen Gesteinen beobachten, welche gleichfalls aus lauter verticalen Säulen bestehen, so können wir in der Regel schliessen, dass solche nur die Ueberreste von anderen, ehemals viel weiter verbreiteten Gebirgsgliedern darstellen, deren Massen grösstentheils zerstört und weggeführt worden sind. (Pöhlberg bei Annaberg.)

Zuweilen zeigen aber auch die deckenartigen, und noch häufiger die stromartigen Gebirgsglieder eine säulenförmige Absonderung, bei welcher die Säulen in ganz regellos durch einander geworfene Systeme gruppirt sind, so dass zwar innerhalb jedes einzelnen Systems eine mehr oder weniger bestimmte Anordnung der Säulen in bündelförmige, büschelförmige oder sternförmige Gruppen zu erkennen ist, die verschiedenen Gruppen selbst aber ohne irgend eine erkennbare Regel ganz verworren durch einander liegen; daher denn verticale, geneigte und horizontale Säulenbündel mit einander abwechseln, welche bald von parallelen, bald von divergirenden, bald von geraden, bald von krummen Säulen gebildet werden, und oft recht scharf an einander abstossen. Diese verworrene

Gruppirung säulenförmig abgesonderter Gesteinskörper, welche an manchen Basalt- und Lavaströmen sehr auffallend ist, zeigt gewöhnlich Säulen von geringerer Dicke; wogegen die verticalen Colonnaden oft von sehr dicken Säulen gebildet werden, die fast wie Thürme neben einander aufragen.

Von der Gliederung der Säulen, durch welche die säulenförmige Structur noch interessanter wird, ist bereits oben S. 524 die Rede gewesen. Doch müssen wir noch einer eigenthümlichen longitudinalen Gliederung gedenken, welche als Seltenheit am Trachyte beobachtet und von Nöggerath beschrieben worden ist*). Am Stenzelberge im Siebengebirge sieht man nämlich mitten in den Wänden des in mächtige Säulen und Pfeiler abgesonderten Trachytes grosse, spitz kegelförmige oder cylindrische Säulen wie dicke Baumstämme aufragen, welche eine mit ihrer äusseren Form übereinstimmende krummschalige Structur zeigen. Bei genauerer Untersuchung ergiebt sich, dass sie gleichfalls von eckigen Säulen herstammen, welche nach innen diese cylindrischschalige Structur entfalten, während die äusserste Schale nach aussen die eckigen Umrisse der prismatischen Säule zeigt. Die Steinbrecher nennen diese cylindrischen Säulen Umläufer.

Manche Decken und Ströme sind auch mit einer plattenförmigen oder bankförmigen**) Absonderung versehen; wie solches namentlich bei gewissen Porphyrdecken, bei manchen Basalt- und Phonolithströmen der Fall ist. Dann zeigen die Platten oder Bänke entweder einen Parallelismus mit der Auflagerungsfläche, oder eine steile aber regelmässige Lage, oder auch eine Gruppirung in ganz regellos durch einander geworfene Systeme.

Im ersteren Falle lassen sich die Platten bisweilen mit grosser Stetigkeit und Regelmässigkeit verfolgen, indem sie fast horizontal liegen, oder nur geringe Undulationen in ihrem Verlaufe darstellen. (Porphyr bei Brösen, zwischen Colditz und Leissnig in Sachsen; Granit vieler Gegenden, wo er in horizontale Bänke abgesondert ist.) Im zweiten Falle stehen die Platten oder Bänke senkrecht, oder doch mehr oder weniger stark geneigt, lassen aber gewöhnlich auf grosse Strecken ein ziemlich constantes Streichen und Fallen erkennen, so dass man sie, namentlich bei grösserer Mächtigkeit, leicht mit Schichten verwechseln kann. (Porphyr bei den Erlenhäusern unweit Colditz, Porphyr des Frauenberges, Holzberges und anderer Berge nordöstlich von Wurzen in Sachsen; Granit in Cornwall und Devonshire, bei Zehren und anderen Orten in Sachsen.) Im dritten Falle endlich wiederholen sich die Erscheinungen, welche wir bei der verworrenen Gruppirung säulenförmig abgesonderter Gesteinskörper kennen gelernt haben; d. h. die Platten sind zwar in einzelne

*) Das Gebirge von Rheinland-Westphalen, IV, S. 360.

**) Wenn die Platten eine bedeutende Stärke, und eine angemessene Ausdehnung nach Länge und Breite besitzen, da dürfte es zweckmässig sein, die Absonderung als bankförmig zu bezeichnen.

Systeme gruppirt, innerhalb welcher eine gewisse Regelmässigkeit der Anordnung herrscht, aber diese Systeme liegen ohne alle Regel durch einander, so dass ebenflächige und krummflächige Systeme von der verschiedensten Lage an einander gränzen. (Porphyr südlich von Grethen bei Grimma in Sachsen.)

Die kugelige Absonderung pflegt in den deckenförmigen, wie in allen übrigen Gebirgsgliedern der eruptiven Gesteine nur stellenweise, da und dort mit einiger Regelmässigkeit und Beständigkeit ausgebildet zu sein. Sie kommt bisweilen in einem sehr grossen Maassstabe vor, während die Kugeln in anderen Fällen nur einige Zoll im Durchmesser erreichen. Meistentheils ist sie mit einer concentrisch schaligen Absonderung verbunden, und häufig erscheint sie im Gefolge der säulenförmigen Absonderung, indem sich die Säulen in lauter Reihen von Sphäroiden auflösen (S. 526). Ueberhaupt wird sie oft durch die Verwitterung, theils als sphäroidische, theils als rundknollige Absonderung zum Vorschein gebracht, und in dieser Weise ist sie zumal bei gewissen Grünsteinen, Melaphyren, Basalten und Anamesiten eine gar nicht selten vorkommende Erscheinung; (vergl. oben S. 473 ff. und S. 536).

Endlich lassen auch viele Decken pyrogener Gesteine gar keine regelmässige Structur erkennen, indem sie nur der unregelmässig polyëdrischen Absonderung unterworfen sind, welche sehr häufig vorkommende Structur nicht selten zu der oben S. 758 erwähnten sphäroidischen Exfoliation Veranlassung giebt.

Ueberhaupt aber ist es als eine ziemlich allgemein giltige Regel zu betrachten, dass die grösseren deckenförmigen Ablagerungen, eben so wie die grösseren typhonischen Stöcke in verschiedenen Regionen ihres Verbreitungsgebietes verschiedene Structurverhältnisse zur Entwickelung gebracht haben. So kann z. B. eine und dieselbe Porphyrdecke stellenweise eine sehr schöne säulenförmige Absonderung zeigen, während sie anderwärts plattenförmige oder bankförmige Absonderung, und an noch anderen Punkten nur unregelmässig polyëdrische Absonderung erkennen lässt. Dasselbe gilt von den deckenförmigen Ablagerungen anderer Gesteine, in welchen zwar bisweilen, aber keinesweges immer, eine einzige Modalität der Structur mit Consequenz ausgebildet ist, vielmehr eine Abwechslung derselben von einer Stelle zur anderen Statt zu finden pflegt.

c) Structur der kuppenförmigen Gebirgsglieder.

Die kuppenförmigen Gebirgsglieder eruptiver Gesteine lassen im Allgemeinen eine grössere oder geringere Uebereinstimmung

ihrer Structur mit ihrer Form, also eine gewisse Abhängigkeit der ersteren von der letzteren erkennen. Natürlich gilt diess nur von den ursprünglichen Kuppen, weil die secundären Kuppen, als blosse Rückstände anderer Gebirgsglieder, eine ganz zufällige Form besitzen, bei welcher an irgend einen nothwendigen Zusammenhang zwischen ihr und der Structur gar nicht zu denken ist.

Wenn die Kuppen eruptiver Gesteine aus Schichten bestehen, so zeigen sie, wie bereits erwähnt wurde, den kegelförmigen Schichtenbau oft mit grosser Regelmässigkeit. In den Erhebungskegeln jedoch erscheint das ganze Schichtengebäude gewöhnlich von mehren radialen Spalten durchrissen, welche eine nothwendige Folge ihrer Entstehungsweise und meistentheils als tiefe und schroffe, spaltenähnliche Thäler (Barancos) ausgebildet sind*).

Auch giebt es glockenförmige an ihrem Gipfel geschlossene Berge, welche aus mächtigen schichtenähnlichen Bänken eines eruptiven Gesteins bestehen, dessen Bänke insgesammt eine der äusseren Bergform entsprechende Gestalt besitzen, so dass sie in ihrer Verbindung ein oben geschlossenes kuppelförmiges Schichtensystem darstellen, und dass der ganze Berg wie aus lauter concentrischen halbkugeligen Schalen zusammengesetzt ist.

Ein sehr ausgezeichnetes Beispiel dieser Structur liefert nach Leopold v. Buch der Puy de Sarcouy in der Auvergne, eine der schönsten und regelmässigsten Trachytkuppen in der Welt. (Geognost. Beobb. auf Reisen durch Deutschland und Italien, II, S. 245 f.). Auch der grosse Cliersou ist nach Montlosier durch ähnliche Verhältnisse ausgezeichnet; *sa tige ronde et lisse,* sagt er, *est parfaitement dégagée et detachée, et la calotte sphérique qui le*

*) *Elie de Beaumont* und *Dufrénoy* haben in den *Mémoires pour servir à une descr. géol. de la France, II,* 1834, *p.* 223 ff. ausführliche mathematische Untersuchungen über die Dimensionen angestellt, welche diese Radialspalten eines Erhebungskraters, bei einer gegebenen Höhe und Grundfläche desselben, erhalten müssen. Schon früher hatte sich Virlet mit ähnlichen Rechnungen in Betreff der Insel Santorin beschäftigt (*Bull. de la soc. géol. III,* 1832, *p.* 172 ff. u. 302 ff.), glaubte jedoch dabei auf absurde, der Natur widerstreitende Resultate zu gelangen; was aber offenbar auf einer irrigen Voraussetzung sowie auf der Vernachlässigung des Umstandes beruhte, dass die inneren Theile der erhobenen Sectoren durch die Explosionen späterer Eruptionen zerstört und fortgeschleudert werden mussten. Boblaye machte daher (a. a. O. p. 317 ff.) sehr gegründete Einwendungen, indem er namentlich zeigte, dass die Dicke des wirklich erhobenen Theiles der Erdkruste ein durchaus nicht zu vernachlässigendes Element sei. Auch hat Virlet später (a. a. O. IV, p. 216 ff.) seine Ansichten modificirt, und die Möglichkeit vulcanischer Erhebungskratere anerkannt.

recouvre est, on ne peut pas plus, régulière. Diese Erscheinungen bestimmten Leopold v. Buch schon im Jahre 1802 zu der Ansicht, dass alle diese Domitkegel durch vulcanische Kraft erhoben worden seien. ,,Daher ihre kuppelartige Form; daher die Neigung ihrer Schichten dem Falle des äusseren Abhanges gemäss; daher die Höhlen des Innern; daher endlich der Mangel eines Kraters auf dem Gipfel der Domitberge, und die Stetigkeit ihres Gesteins, denn sie sind nicht ausgeworfen, sondern aus dem Grunde erhoben.'' Vom Sarcouy insbesondere sagt er: er sieht völlig einer Blase auf einer viscosen Flüssigkeit ähnlich; was auch Rozet 42 Jahre später mit den Worten bestätigt: *sa forme annonce une tuméfaction de la matière;* denn rings um den Berg verbreitet sich der Domit in grosser horizontaler Ausdehnung, und man sieht, wie er sich gegen den Berg hin erhebt. (*Mém. de la soc. géol. 2. série, I,* 1844, *p.* 70 f.). Uebrigens ist eine ähnliche Structur an vielen vulcanischen Bergen nachgewiesen worden, und schon Bouguer berichtete von den vulcanischen Kegeln Peru's: *que toutes leurs couches vont en s'inclinant autour de chaque sommet, en se conformant à la pente de ses collines* (*Voyage au Perou, p. XLI*).

Wenn ursprüngliche Bergkuppen eruptiver Gesteine mit plattenförmiger Absonderung versehen sind, was z. B. bei manchen Trachyten und Basalten, besonders häufig aber bei den Phonolithen der Fall ist, so lassen sie gleichfalls gar nicht selten einen merkwürdigen Zusammenhang zwischen ihrer Form und Structur wahrnehmen, indem die Platten eine, mit der conischen oder glockenförmigen Gestalt des Berges übereinstimmende Anordnung besitzen, und daher ein System von conformschaligen Massen rings um die Axe des Berges darstellen, so dass man die Structur solcher Berge fast mit der einer Zwiebel vergleichen möchte.

Diese Erscheinung, welche sich unmittelbar an die vorher erwähnte Architektur des Puy de Sarcouy anschliesst, ist z. B. mit der grössten Regelmässigkeit am Spitzberge bei Brüx in Böhmen zur Ausbildung gebracht, an welchem die Phonolithtafeln rings um den Berg ein völlig geschlossenes kegelförmiges System bilden. Sie kommt auch am Teplitzer Schlossberge, am Donnersberge bei Milleschau und an vielen anderen Phonolithbergen vor, und gehört überhaupt keinesweges zu den seltenen Erscheinungen*), obgleich sie nicht immer so regelmässig ausgebildet ist, wie am Brüxer Spitzberge. Hierher gehört wohl auch eine sehr interessante Beobachtung, welche Hardie von dem Phonolithberge Jasinga, südlich von Batavia auf Java berichtet. Dieser, nur etwa 300 Fuss hohe Berg hat eine äusserst regelmässige domförmige oder glockenförmige Gestalt, ist aber an der einen Seite durch eine Spalte zerris-

*) Vergl. Reuss, die Umgebungen von Teplitz und Bilin, S. 249. Nach Bertrand-Roux kommt diese Structur auch an manchen Phonolithbergen des Velay, dieser classischen Phonolithregion Frankreichs vor; *Descript. géognost. du Puy en Velay,* 1823.

sen, so dass man in das Innere gelangen kann. Dort erreicht man eine grosse gewölbte Höhle von 132 F. Länge, 96 F. Breite und 30 F. Höhe, welche das Segment eines Ellipsoides darstellt, und nach unten in einem kleinem Kratersee oder Maare endigt. (Neues Jahrb. für Min. 1835, S. 99.)

Eine solche kegelförmige Anordnung der Platten ist jedoch keinesweges in allen Kuppen vorhanden; bisweilen zeigen die Platten eine entgegengesetzte Anordnung, indem sie von allen Seiten her gegen die Axe des Berges einfallen; wie z. B. am Phonolithberge Roc-du-Curé im Velay. In noch anderen Fällen lässt sich gar kein bestimmtes Gesetz der Anordnung nachweisen. Wenn endlich eine Kuppe von plattenförmiger Absonderung eine horizontale oder nur wenig geneigte Lage der Platten erkennen lässt, so liegt immer die Vermuthung sehr nahe, dass sie eine secundäre, und gar keine primitive Kuppe sei, weil solche Lage der Platten auf eine ursprünglich horizontale Ausbreitung der Massen schliessen lässt.

Nicht selten zeigen die Kuppen eine plattenförmige und eine säulenförmige oder pfeilerförmige Absonderung zugleich. In solchen Fällen setzt die erstere Absonderung ungestört durch die zweite Absonderung hindurch, so dass sie da, wo sie einem allgemeinen Gesetze folgt, dieses Gesetz behauptet, welche Stellung auch die Säulen zeigen mögen.

Die plattenförmige Absonderung durchschneidet daher manche Prismen unter einem rechten, andere unter einem spitzen Winkel, je nachdem es die Stellung der Säulen mit sich bringt. Diese Unabhängigkeit der plattenförmigen Absonderung und der mit ihr sehr nahe verwandten schaligen Gesteinsstructur von der säulenförmigen und pfeilerförmigen Absonderung liefert wohl den Beweis, dass die erstere Structur eine ursprüngliche, unmittelbar bei der Ablagerung des Gesteins zur Ausbildung gelangte Erscheinung ist, wogegen die säulenförmige Absonderung als ein späteres, durch die innere Contraction bewirktes Structurverhältniss zu betrachten sein dürfte.

Ueberhaupt aber ist die säulenförmige Absonderung eine bei sehr vielen Kuppen vorkommende Erscheinung. Dabei findet nicht selten eine regelmässige Anordnung der Gesteinssäulen Statt, welche auf zweierlei Weise vorkommt, in beiden Fällen aber eine bestimmte Beziehung zu der Axe des Berges erkennen lässt. Die Säulen convergiren nämlich entweder aufwärts, und sind daher um die Axe des Berges auf ähnliche Weise gestellt, wie die Holzscheite in einem Meiler; oder sie divergiren aufwärts, und bilden daher ein büschelförmiges System. Oft ist aber auch gar keine gesetzmässige Stellung der Säulen nachzuweisen, und dann zeigt eine solche Kuppe regellos durch einander gruppirte Systeme von Säulen, gerade so, wie diess auch in Gebirgsgliedern von anderen Formen so häufig der Fall ist.

Der Hasenberg, südlich von Lobositz in Böhmen, eine über die dortige horizontale Plänerdecke sehr auffallend emporragende Basaltkuppe, zeigt eine kegelförmige Gruppirung seiner Säulen, welche alle gegen die Axe des Berges geneigt sind, so dass sie verlängert in einem weit über dem Gipfel liegenden Puncte zusammentreffen würden. Dasselbe ist am Chlum bei Pschan der Fall*). Ein äusserst regelmässiges, man möchte fast sagen niedliches Beispiel dieser Gruppirung liefert ein ganz kleines Basaltküppchen, welches an der Südseite des Bärensteins in Sachsen, dicht bei dem Huthause der Grube Prinz Joseph aufragt, und ganz wie ein Verkohlungsmeiler erscheint**).

d) Structur der gangförmigen Gebirgsglieder.

Wenn die Gänge und gangähnlichen Stöcke eruptiver Gesteine eine säulenförmige Absonderung besitzen, so lassen sie sehr häufig eine gesetzmässige Structur erkennen. Das gewöhnlichste Gesetz, welches zuweilen mit bewundernswerther Regelmässigkeit in Erfüllung gebracht ist, besteht darin, dass die Säulen insgesammt rechtwinkelig auf den Salbändern des Ganges stehen, und folglich quer durch den Gang hindurchsetzen; was bei verticalen Gängen eine horizontale Lage derselben bedingt, und die Prismen wie aufgeklafterte Holzscheite erscheinen lässt. Diese Structur ist bei den Gängen von Lava, Basalt, Trachyt, Porphyr und Grünstein gar nicht selten zu beobachten, kommt aber besonders bei den basaltischen Gesteinen vorzüglich schön und regelmässig vor.

Es sind meist Gänge von geringerer Mächtigkeit, welche diese Structur in der grössten Vollkommenheit zeigen. In sehr mächtigen Gängen und Gangstöcken lassen die Säulen diese Anordnung oft nur an beiden Salbändern mit einiger Regelmässigkeit erkennen, während sie in dem mittleren Theile des Ganges anderen Gesetzen der Gruppirung unterworfen sind. Sie biegen sich bisweilen von beiden Seiten her gegen die Mitte des Ganges aufwärts, und stossen dort unter spitzen Winkeln zusammen, wie diess unter anderm sehr schön an dem mächtigen Basaltgange des Werregotsch oder Ziegenrückens bei Wannowa, oberhalb Aussig im Elbthale, der Fall ist, dessen Säulen eine umgekehrt büschelförmige oder federartige Gruppirung zeigen. In anderen Fällen lässt ein und derselbe Gang in der Mitte gar keine regelmässige Structur erkennen, während gegen die Salbänder hin die säulenförmige Absonderung immer deutlicher hervortritt.

Wenn die Gänge eruptiver Gesteine mit plattenförmiger Absonderung versehen sind, so pflegen die Platten den Salbändern des Ganges parallel zu liegen, wodurch eine Art von lagenweiser Structur zum Vorschein kommt, welche bisweilen mit grosser Regel-

*) Reuss a. a. O. S. 199.

**) Geognost. Beschr. des Königr. Sachsen von Naumann und Cotta, Heft II, S. 481.

mässigkeit durch die ganze Mächtigkeit des Ganges zu verfolgen ist, während sie in anderen Fällen nur an den Salbändern selbst erkannt werden kann, und nach der Mitte zn verschwindet. Diese Erscheinung findet sich z. B. an den plattenförmig abgesonderten Gängen der Basalte, Phonolithe und Porphyre.

Nicht selten ist diese plattenförmige, eben so wie die säulenförmige Absondernng mit einer planen Parallelstructur des Gesteines selbst verbunden, welche sich bald durch eine lagenweise Abwechslung der Gesteinsbeschaffenheit, bald nur durch eine blose Farbenstreifung zu erkennen giebt. In einem solchen Falle folgt diese Parallelstructur in ihrer Richtung den Salbändern des Ganges, und ist daher bei plattenförmiger Absonderung den Platten parallel, bei säulenförmiger Absonderung ungefähr rechtwinkelig auf die Axen der Säulen ausgebildet; (Porphyrgang bei Tanneberg, am rechten Ufer der Triebisch in Sachsen). Auch die mächtigeren Gangstöcke eruptiver Gesteine lassen zuweilen eine Absonderung in dicke Platten oder Bänke, und eine derselben conforme Parallelstructur des Gesteins wahrnehmen, in welchem Falle die Erscheinung eine auffallende Aehnlichkeit mit Schichtung gewinnt; (Porphyrstock in Mohorn, zwischen Freiberg und Dresden).

Eine bei vielen Gängen gewisser eruptiver Gesteine, zumal der Laven, Basalte und Trappe vorkommende Erscheinung ist es, dass sie unmittelbar an ihren Salbändern auf einen oder einige Zoll weit eine obsidianähnliche, überhaupt eine glasartige oder hyaline Gesteinsbeschaffenheit zeigen, aus welcher gewöhnlich ein ziemlich rascher Uebergang in den steinartigen Zustand Statt findet, weshalb solche Gänge an beiden Seiten gleichsam mit einem Saume von hyaliner Gesteinsmasse eingefasst sind. Diese Erscheinung ist jedenfalls in der raschen Erkaltung und Erstarrung der unmittelbar an die Spaltenwände angränzenden Theile des ursprünglich feurigflüssigen Materials begründet.

Ein ähnlicher Einfluss des Nebengesteins giebt sich bei vielen Gängen und Gangstöcken eruptiver Gesteine dadurch zu erkennen, dass solche gegen ihre Salbänder hin eine mehr oder weniger auffallende Veränderung ihrer Structur zeigen, indem das Gestein dort immer feinkörniger und zuletzt ganz dicht wird, während es in der Mitte des Ganges grobkörniger und deutlich krystallinisch entwickelt ist. Doch sind auch Beispiele von dem entgegengesetzten Verhalten bekannt, wo das gangartige Gebirgsglied an seinen Gränzen grobkörniger ausgebildet ist, als weiter einwärts.

Sehr nahe verwandt mit dieser Verdichtung des Gesteins an seinen Gränzflächen ist die bereits oben gelegentlich erwähnte Erscheinung, dass

die gangartigen Apophysen der eruptiven Gebirgsglieder nicht selten eine, von der des herrschenden Gesteins sehr abweichende Gesteinsbeschaffenheit entwickeln, welche in den feineren Verzweigungen derselben immer auffallender hervorzutreten pflegt.

So werden z. B. die Granite in den Trümern und Adern, welche sie in das Nebengestein hinaustreiben, oft so feinkörnig, dass ihr Gestein endlich als eine dichte Felsitmasse erscheint; damit ist nicht selten ein entschiedenes Zurücktreten des Feldspathes verbunden, in Folge dessen die letzten Verzweigungen und Ausspitzungen solcher Granitramificationen fast nur aus Quarz zu bestehen scheinen. Eben so berichtet Blackwell, dass der Trapp der Rowley-Hills in Staffordshire, welcher eine Menge gangförmiger Ausläufer in die Schichten der dortigen Steinkohlenformation treibt, in den äussersten Verzweigungen dieser Apophysen fast weiss erscheint, während das Gestein ausserdem sehr dunkelfarbig ist. Ja, viele Ausläufer grösserer Granit-Ablagerungen verwandeln sich in einiger Entfernung von dem granitischen Hauptkörper geradezu in Porphyr oder porphyrähnliche Gesteine.

Anmerkung. Ueber die eigentliche Ursache, durch welche die Stellung der Säulen in denjenigen Gebirgsgliedern bestimmt wurde, wo solche überhaupt eine auffallende Regelmässigkeit zeigt, kann man nicht in Zweifel sein; auch ist solche von Hessel sehr gründlich nachgewiesen worden. Wenn wir nämlich sehen, dass die Säulen in den Gängen rechtwinkelig auf den Salbändern oder Spaltenwänden, in den Decken und Strömen rechtwinkelig auf den Auflagerungsflächen stehen, so ist es wohl sehr natürlich, zu schliessen, dass ihre Stellung hauptsächlich durch diejenigen Flächen bestimmt wurde, von welchen die Erkaltung des Gesteins zunächst ausging. Wir können es daher als ein allgemein giltiges Gesetz betrachten, dass die Natur bei der Ausbildung der säulenförmigen Absonderung danach strebte, die Axen der Säulen immer rechtwinkelig auf die zunächst angränzenden Abkühlungsflächen zu stellen, werden es aber begreiflich finden, dass dieses Gesetz nur bei einer vollkommen ruhigen und gleichmässigen Erkaltung verwirklicht werden konnte, während dasselbe bei lange fortdauernder Bewegung der Massen und durch andere Ursachen vielfache Störungen erleiden musste.

e) Durch Blasenräume und Höhlungen veranlasste Structuren.

Die mit Blasenräumen erfüllten Gesteine, also die vesiculosen Laven und die amygdaloidischen Varietäten der Melaphyre, Basalte, Grünsteine, Porphyre u. s. w. lassen noch eigenthümliche Structurverhältnisse erkennen, welche lediglich in der Form und Lage ihrer Blasenräume begründet sind. Dahin gehört zuvörderst die, durch die longitudinale Streckung und parallele Anordnung aller Blasenräume bedingte lineare Parallelstructur (S. 468), welche in den Lavaströmen sehr häufig zu beobach-

ten ist, und auch in den verschiedenen Mandelsteinen gar nicht selten vorkommt. Die Blasenräume sind zuweilen so ausserordentlich in die Länge gezogen, dass das Gestein gleichsam von parallelen Röhren durchzogen erscheint.

In den Lavaströmen zeigen die Längsaxen der gestreckten Blasenräume oft einen sehr entschiedenen Parallelismus mit der Richtung des Stromes, also mit der Richtung des ehemaligen Fortschreitens seiner Massen. Auch in den Mandelsteinen lässt sich zuweilen dieselbe Regelmässigkeit der Anordnung durch ganze Gesteinsablagerungen nachweisen; doch wird solche auch sehr häufig vermisst, indem die Axen der Blasenräume zwar an einzelnen Stellen einen gegenseitigen Parallelismus beobachten, von einer Stelle zur andern aber sehr rasche und ganz unregelmässige Wechsel ihrer Lage zeigen, so dass sie bald horizontal fortlaufen, bald unter kleineren oder grösseren Winkeln geneigt sind, bald vertical aufwärts steigen, wobei sie denn an den Uebergangsstellen aus einer Richtung in die andere den auffallendsten Biegungen unterworfen zu sein pflegen.

Nicht selten sind die Blasenräume zugleich gestreckt und stark abgeplattet, indem sie durch den Druck der aufliegenden Massen comprimirt wurden. Dann verleihen sie dem betreffenden Gesteine zugleich eine lineare und eine plane Parallelstructur; (S. 467). Diese Erscheinung kommt nicht nur in den Strömen und Decken, sondern auch bisweilen in den Gängen amygdaloidischer Gesteine vor, indem ihre Blasenräume eine den Salbändern des Ganges parallele Plattung und zugleich eine der Falllinie oder Aufsteigungslinie des Ganges parallele Streckung besitzen.

Interessant ist auch die nicht so gar selten zu beobachtende Thatsache, dass in den amygdaloidischen Gesteinen, wenn sie zugleich eine säulenförmige Absonderung besitzen, die Blasenräume genau in der Richtung der Axen der Säulen gestreckt sind. Doch scheint diess nur bei verticalen Säulen vorzukommen, und auch nur bei ihnen vorkommen zu können. Nach Schmidt zeigen die verticalen Basaltsäulen im Hückengrunde bei Ober-Dresselndorf unweit Siegen ihre 8 bis 10 Zoll langen Blasenräume auf diese Weise gestellt, und nach Hitchcock findet sich dieselbe Erscheinung an den Grünsteinsäulen von Deerfield im Connecticut-Thale, welche bisweilen wie wurmstichiges Holz aussehen, dessen Löcher insgesammt der Säulenaxe parallel laufen.

Uebrigens ist noch zu bemerken, dass in den massigen Gesteinen eine lineare und eine plane Parallelstructur, wie durch Blasenräume und Mandeln, so auch durch zahlreich ausgebildete Concretionen verursacht werden kann, wenn solche sehr lang gestreckt oder sehr platt gedrückt sind. Dergleichen Concretionen werden keinesweges immer von eigenthümlichen Mineralien gebildet, sondern stellen bald nur eine abweichend gefärbte, bald eine etwas

verschiedentlich zusammengesetzte, oder eine theils mehr, theils weniger porose Varietät desselben Gesteins dar, in welchem sie vorkommen.

Die Blasenräume sowohl der Laven als auch der Mandelsteine sind übrigens gewöhnlich nur in den oberen und äusseren Theilen der betreffenden Gesteinsablagerungen in bedeutender Anzahl und Grösse vorhanden, während solche in den tieferen und inneren Theilen seltner und kleiner werden, und endlich verschwinden, um erst wieder ganz in der Tiefe, unmittelbar über der Auflagerungsfläche zu erscheinen. Daher ist auch der schlackige Habitus, welcher die Lavaströme auf ihrer Oberfläche so ausserordentlich charakterisirt, in der Regel nur dort und an ihrer Unterfläche zu finden, und jeder nur einigermaassen mächtige Lavastrom entwickelt in seinen inneren und tieferen Theilen ein compactes, krystallinisches Gestein.

Aehnliche Verhältnisse finden sich auch in manchen Ablagerungen solcher Gesteine, welche aufwärts eine amygdaloidische Structur entwickeln. Die Erscheinung wird besonders auffallend, wenn das Gestein zugleich in verticale Säulen abgesondert ist, weil dann eine und dieselbe Säule in verschiedenen Höhen eine verschiedene Structur erkennen lässt. So sind nach Hessel die Basaltsäulen des Stempel bei Marburg am unteren Ende ganz dicht und schwarz; höher aufwärts werden sie poros, noch weiter hinauf blasig und braun, und endlich erscheinen sie als ein Mandelstein mit Drusen von Chabasit, Harmotom und Aragonit.

Eine, besonders häufig in den Lavaströmen, zuweilen aber auch in den Ablagerungen anderer eruptiver Gesteine ausgebildete Erscheinung ist das Vorkommen von kleineren und grösseren Höhlenräumen. Diese Räume haben meist eine in der Richtung des Stromes langgestreckte Form, und rundliche, sehr unregelmässig gestaltete Begränzungsflächen, von welchen namentlich die obere Deckenfläche mit den manchfaltigsten Schlacken-Stalaktiten bekleidet ist.

Die Dimensionen dieser Höhlen sind sehr verschieden, können aber mitunter sehr bedeutend werden. So sind nach Mackenzie in den Isländischen Lavaströmen Höhlen von 40 bis 50 F. Durchmesser gar nicht selten. Krug v. Nidda und Eugène Robert berichten von der Surtshellir, einer Höhle im Lavastrome des Baldajökel auf Island, welche einen 5000 F. langen gewundenen Canal mit mehren Verzweigungen darstellt. Zuweilen liegen mehre solcher Höhlen in verschiedenen Höhen über oder hinter einander; ein bekanntes Beispiel liefert nach Ferrara die Fossa della Palomba bei Nicolosi am Aetna, aus welcher man in eine ganze Reihe von Höhlen gelangt, welche zuletzt in einem 90 F. langen Schlauche endigt, der noch in andere unerforschte Räume führt. Die berühmte Höhle von Ponta-del-Gada auf der Azorischen Insel St. Miguel besteht nach Webster aus zwei grossen Gewölben, welche durch eine, nur 1 bis 2 F. dicke Lavadecke von einander getrennt werden.

Die **Entstehung** solcher Höhlenräume wird auf verschiedene Weise erklärt. Die kleineren derselben sind nichts Anderes als sehr grosse Blasenräume, welche durch reichliche Gas- und Dampf-Entwickelungen in der noch flüssigen Lava aufgebläht wurden. Die grösseren und sehr langgestreckten Höhlen dagegen bedürfen einer anderen Erklärung, welche wir mit den Worten L. v. Buchs folgen lassen: sie entstanden durch „das allmälige Stocken der Lava, und durch ihr nach und nach aufhörendes Fliessen. Die Oberfläche des Stroms erkaltet schnell; unter der harten Decke fliesst aber die Lava noch fort. Vermindert sich nun der Druck und die Masse von oben, so sinkt auch die Lava; aber die erstarrte Rinde vermag ihr nicht zu folgen, sie erhält sich, und bildet eine Art von Gewölbe über den unteren Theilen des Stromes"*). Einige Höhlen wurden wohl auch durch die Mitwirkung des Wassers gebildet, indem sich der Lavastrom in das Meer oder in einen Landsee ergoss, und dort mit dem Wasser in Conflict gerieth, wobei gewaltige Dampfmassen entwickelt werden mussten. Die Form der Schlacken-Stalaktiten, sagt Webster, erinnert oft an die Formen des im Wasser erstarrten geschmolzenen Bleies.

§. 245. *Beweise gewaltsamer mechanischer Einwirkung der eruptiven Gesteine auf ihr Nebengestein.*

Zum Schlusse dieses Capitels müssen wir noch gewisse Erscheinungen betrachten, welche sich im Conflicte der massigen oder eruptiven Gesteine mit geschichteten Gesteinen oder mit anderen, präexistirenden massigen Gesteinen zu erkennen geben. Wir finden nämlich bei aufmerksamer Beobachtung, dass zumal die geschichteten Gesteine bei ihrem Zusammentreffen mit massigen Gesteinen, wo nicht immer, so doch sehr häufig ganz eigenthümlichen Veränderungen unterlagen; Veränderungen, welche uns nothwendig auf die Ansicht führen müssen, dass die massigen Gesteine bei ihrer Ablagerung nicht nur sehr gewaltige mechanische Kraftäusserungen, sondern auch sehr tief eingreifende chemische Einwirkungen auf die unmittelbar angränzenden Gesteine ausgeübt haben.

Diese Veränderungen lassen sich hauptsächlich auf zwei Arten zurückführen, je nachdem sie sich entweder als Umwandlungen der Gesteinsbeschaffenheit, als eigentlicher Metamorphismus, oder als Störungen und Zerstörungen des Zusammenhanges, der Structur und der Lagerung der angränzenden Gesteine zu erkennen geben. In den ersteren, welche mehr die **Substanz** des Nebengesteins betreffen, offenbaren sich uns die chemischen Einwirkungen; in den letzteren, welche mehr die **Form** und **Structur** des Nebengesteins betreffen, erkennen wir die

*) Geognost. Beobb. auf Reisen u. s. w. II, S. 264.

mechanischen Einwirkungen der eruptiven Gesteine. Da nun die hierher gehörigen Erscheinungen des Metamorphismus schon oben, in der Allöosologie der Gesteine (S. 773 ff.) ausführlich beschrieben worden sind, so haben wir es an gegenwärtigem Orte nur noch mit den mechanischen Störungen zu thun, welche von den eruptiven oder pyrogenen Gesteinen auf ihr Nebengestein ausgeübt worden sind. Es sind aber besonders folgende Erscheinungen, welche wir als Beweise solcher gewaltsamen mechanischen Einwirkungen zu betrachten haben:

1) die Zersprengung und Aufspaltung des Nebengesteins;
2) die Zerbrechung, Zerstückelung und Zermalmung desselben;
3) die Ausfüllung oder Injection der Spalten und Risse des Nebengesteins mit eruptiver Gesteinsmasse;
4) die Abschleifung und Glättung der Wände und Bruchstücke des Nebengesteins;
5) die localen Stauchungen und Windungen seiner Schichten, und
6) die allgemeineren Störungen seines Schichtenbaues und seiner Lagerung.

Die Wichtigkeit aller dieser Erscheinungen erfordert eine etwas genauere Betrachtung derselben.

1) Zersprengung und Aufspaltung des Nebengesteins.

Es ist schon wiederholt darauf hingewiesen worden, dass die gangförmigen Gebirgsglieder als eine nothwendige Lagerungsform, als eine *conditio sine qua non* für die Möglichkeit aller übrigen Gebirgsglieder der eruptiven Gesteine zu betrachten sind. Nun haben wir aber die durchgreifende Lagerung als das charakteristische Merkmal aller gangartigen Gebirgsglieder kennen gelernt (S. 916), und diese Lagerung setzt wiederum voraus, dass der ursprüngliche Zusammenhang derjenigen präexistirenden Gebirgsglieder, durch welche ein gangartiges Gebirgsglied hindurchgreift, völlig aufgehoben wurde, weil nur dadurch der Ablagerungsraum für die Massen des letzteren geliefert werden konnte. Auch haben wir gesehen, dass dieser Ablagerungsraum im Allgemeinen den Charakter einer mehr oder weniger weit geöffneten Spalte an sich trägt. Da nun das Material der eruptiven Gesteine aus den unbekannten Tiefen des Erdinnern an die Erdoberfläche gelangt ist, so setzt die Möglichkeit ihrer Eruption eine Aufsprengung und Zerspaltung der äusseren Erdkruste voraus, welche wiederum ganz undenkbar sein würde, ohne höchst gewaltsame Angriffe jener abyssodynamischen Potenzen vorauszusetzen, deren ungeheuere Wirkungen sich

uns in den Erdbeben und vulcanischen Eruptionen, in den Hebungen und Senkungen grosser Landstriche zu erkennen geben.

Die letzten und obersten Ramificationen der, bei solchen abyssodynamischen Erschütterungen und Bewegungen gebildeten Spalten und Spaltensysteme sind es, welche uns gegenwärtig, im ausgefüllten Zustande, als Gänge und Gangstöcke eruptiver Gesteine erscheinen. Die blose Existenz solcher Gänge liefert uns aber den Beweis, dass ihre Ausbildung von tief heraufwirkenden Bewegungen und Erschütterungen, oder doch wenigstens von Spannungen und Ausdehnungen der Erdkruste eingeleitet und begleitet gewesen sein muss, welche eine förmliche Zerspaltung oder Zerreissung derselben zur Folge hatten. Denn, dass es in der That oft nur eine Tension, eine horizontale Ausstreckung, und endlich eine in derselben Richtung eingetretene Zerreissung der Erdkruste gewesen sei, dafür spricht insbesondere der Umstand, dass man zuweilen nahe bei einander sehr viele verticale Gänge in fast paralleler Richtung durch eine horizontale Decke von geschichteten Gesteinen hindurchsetzen sieht, ohne dass die Schichten derselben die geringsten Verrückungen erlitten haben*).

2) Zerbrechung und Zermalmung des Nebengesteins.

Es bedarf kaum einer Hinweisung darauf, dass die Bewegungen der Erdkruste, durch welche die Spalten gebildet wurden, und dass die gewaltsame Hindurchpressung des eruptiven Gesteinsmaterials vielfache Zertrümmerungen, Zerbrechungen und Zermalmungen der Gesteine aller derjenigen Gebirgsglieder verursachen mussten, welche durch jene Bewegungen gesprengt worden waren, und in ihren Spalten die Bahnen lieferten, auf denen die eruptiven Massen hervorgewälzt wurden. Daher sind denn auch die Fragmente des Nebengesteins eine in den eruptiven Gesteinen so häufig vorkommende Erscheinung.

Sie finden sich bald klein bald gross, bald einzeln bald zahlreich beisammen; ja zuweilen sind sie dermaassen angehäuft, dass sie förmliche Breccien und Conglomerate darstellen. Auch lassen sich die, von dem eruptiven Gesteine selbst abstammenden Fragmente und Geschiebe mit

*) Wie z. B. am Cap Strathaird auf der Insel Sky, wo über hundert senkrechte Trappgänge ein Sandsteinplateau durchschneiden, ohne irgend eine andere Störung des Schichtenbaues hervorzubringen, als die hundertfache Unterbrechung seines Zusammenhanges. Es ist klar, sagt Macculloch, dass das ganze Sandsteinplateau eine laterale Ausdehnung erlitten haben muss, welche endlich die vielen Rupturen zur Folge hatte. *Descr. of the Western Islands, I, p.* 398. Auch Krug v. Nidda deutet darauf hin, dass es eine horizontale Zerreissung gewesen sei, durch welche die zahllosen Gangspalten der Isländischen Trappgänge zur Ausbildung gelangten, weil die Schichtung der Trappformation durch sie in keiner Weise gestört worden ist. Karsten's Archiv, Bd. VII, S. 515.

hierher rechnen, weil ihre Form den Beweis liefert, dass sie durch die Zertrümmerung bereits erstarrter Massen gebildet wurden, welche mit noch flüssigen Massen in Conflict geriethen. Alle die so entstandenen Bruchstücke wurden nun gewöhnlich von dem eruptiven Gesteinsmateriale eingewickelt, und bilden daher, wenn sie sehr angehäuft sind, eruptive Reibungsbreccien oder sogenannte Brockengesteine (S. 485 und 690); bisweilen fand wohl auch eine sehr weit ausgreifende Zerbrechung und Zerwürgung des Nebengesteins Statt, bei welcher nur ein Theil der Fragmente in die Masse des eruptiven Gesteins hineingerissen wurde, während die übrigen eine contusive Reibungsbreccie darstellen.

Uebrigens ist diese Bildung von Fragmenten, von Brockengesteinen und Breccien eine Erscheinung, welche besonders durch gangartige Gebirgsglieder, also durch Gänge, Gangstöcke und typhonische Stöcke, zumal auch durch die Stöcke von untergreifender Lagerung (S. 913) hervorgebracht worden ist, während sie bei den deckenartigen, lagerartigen und stromartigen Gebirgsgliedern minder häufig angetroffen wird; doch ist sie auch bei ihnen, namentlich in der Nähe ihrer Eruptionslinien oder Eruptionspunkte zuweilen sehr ausgezeichnet zu beobachten.

Die Freiberger und Frauensteiner Porphyrgänge zeigen an ihren Gränzen nicht selten dergleichen Breccien und Brockengesteine*), wobei man zuweilen beobachtet, wie das Brockengestein allmälig in eine blose Breccie des Nebengesteins verläuft, indem die Porphyrmasse nur bis auf eine gewisse Tiefe zwischen den Fragmenten eingedrungen ist, und diese dann unmittelbar an einander stossen. Eines der grossartigsten Beispiele von Breccienbildung findet sich in Sachsen am Südrande des Tharander Waldes bei Dorfhain, wo der, zwischen der grossen Porphyr-Ablagerung und dem S. 944 erwähnten Porphyrgange eingeschlossene Gneiss, eine Masse von ungefähr 8 Millionen Quadratfuss Oberfläche, durchaus zertrümmert, zermalmt und in den Zustand einer Breccie versetzt worden ist. Sehr auffallende Brockengesteine kommen in Sachsen an der Gränze des grossen Porphyrgebietes gegen den Thonschiefer vor, zumal in den Thälern von Nauenhain und Westewitz, wo ganze Felsen eines Brockengesteines aufragen, in welchem die Menge der Thonschieferfragmente nicht selten die Masse des Porphyrs überwiegt.

Dass auch der Granit gewaltsame Zerbrechungen des Nebengesteins so wie Breccien- und Brockenfelsbildungen veranlasst hat, ist eine vielfach bestätigte Thatsache; die Granitgänge der Gegend von Johanngeorgenstadt, welche im Glimmerschiefer, und diejenigen der Gegend von Kriebstein, welche im Granulit aufsetzen, liefern interessante Beispiele. Bekannt sind auch die Greifensteine bei Geyer, deren Granit z. Th. lachtergrosse Blöcke von Glim-

*) Eine sehr genaue Schilderung derselben gab v. Beust in seiner vortrefflichen Schrift: Geognostische Skizze der wichtigsten Porphyrgebilde zwischen Freiberg, Frauenstein, Tharand und Nossen, 1835, S. 42 ff.

merschiefer umschliesst, und der sogenannte Stockscheider des Granitstockes von Geyer, eine feinkörnige weisse Granitmasse, welche den Stock umgiebt, und oft so viele Fragmente des Nebengesteins enthält, dass sie den Charakter einer Breccie gewinnt *).

Aehnliche Erscheinungen kommen bei den Grünsteinen, Melaphyren, Basalten und Trachyten vor, und es wird wenige Regionen geben, wo eines dieser Gesteine auftritt, ohne dass hier und da Reibungsbreccien oder doch wenigstens einzelne Fragmente des Nebengesteins zu beobachten wären. Es sind derartige Vorkommnisse so gewöhnlich, dass es gar nicht der Mühe werth ist, besondere Beispiele anzuführen. Dagegen müssen wir noch folgende zwei Erscheinungen hervorheben:

a) Das Vorkommen von Fragmenten, die aus grosser Tiefe stammen.

Man findet nämlich nicht so gar selten in einer eruptiven Gesteinsmasse, z. B. in einem Gange, Fragmente von solchen Gebirgsgliedern suspendirt, welche weit tiefer liegen, als dasjenige Gebirgsglied, innerhalb dessen der wirklich sichtbare Theil des Ganges ansteht. Solche Vorkommnisse sind aber deshalb sehr interessant, weil sie den Beweis liefern, dass das eruptive Gestein wirklich aus der Tiefe heraufgedrungen ist. So wissen wir durch Cotta, dass der Basalt des Ascherhübels bei Spechtshausen unweit Tharand, welcher auf Quadersandstein liegt, nicht nur Fragmente dieses Sandsteins, sondern auch Fragmente des tiefer liegenden Porphyrs umschliesst; und Reuss berichtet, dass die Basalte des Elbthals, zwischen Aussig und Lobositz, nicht selten Granitfragmente enthalten, während in dem ganzen Bereiche des Böhmischen Mittelgebirges der Granit nirgends zu Tage austritt. Eben so finden sich in dem schönen Porphyrgange bei Prositz, zwischen Meissen und Lommatzsch, welcher mitten in einer Granitregion aufsetzt, zuweilen Fragmente von Thonschiefer, welche nur aus dem unter dem Granite vorhandenen Schiefergebirge abstammen können.

b) Das Vorkommen von schichtenähnlichen Schollen des Nebengesteins in einer mit dessen Schichtung parallelen Lage.

Während nämlich die in den eruptiven Gesteinen eingeschlossenen Fragmente des Nebengesteins meist eckig und ungestaltet so wie ganz regellos gelagert sind, so erscheinen sie zuweilen als ziemlich dünne und ausgedehnte Gesteinsschollen, welche unter einander eine parallele Lage behaupten, die mit der Lage der benachbarten Schichten übereinstimmt. Auf diese Weise kommen z. B. bei Aubenas im Vivarais Kalksteinschollen im Ba-

*) Der Granit umschliesst auch bisweilen wirkliche Geschiebe, d. h. mehr oder weniger abgerundete Fragmente, welche diese Abrundung ihrer Ecke und Kanten höchst wahrscheinlich der Reibung des granitischen Materiales selbst zu verdanken haben. Ein äusserst interessantes Beispiel der Art beschreibt Charpentier von Lekhurrun in den Pyrenäen; dort enthält der Granit Sphäroide von ½ bis 1½ F. Durchmesser, welche aus einem schiefrigen, gneissartigen Gesteine bestehen; die Parallelstructur dieses Gesteins ist vollkommen eben, aber jedes Sphäroid zeigt sie nach einer besonderen Richtung. Es ist kaum anders denkbar, als dass man es hier mit Geschieben zu thun hat.

salte, bei Micklewood, zwischen Bristol und Gloucester, Sandsteinschollen im Melaphyr, bei Thannhof unweit Zwickau Grauwackenschieferschollen im Grünstein vor; besonders häufig ist aber die Erscheinung an den schiefrigen Gesteinen zu beobachten, welche von Granit durchbrochen worden sind. Hitchcock hat einige sehr auffallende Beispiele der Art aus der Gegend von Chesterfield und Williamsburgh in Massachusetts beschrieben, und Mohs gedenkt solcher Fälle zwischen Sandstein und Trapp aus Schottland um auf die Schwierigkeiten ihrer Erklärung aufmerksam zu machen*). Man hat nämlich auf diese Erscheinung ein grosses Gewicht gelegt, indem man in ihr einen Beweis gegen die fragmentare Natur solcher schichtenähnlichen Schollen zu finden glaubte und sich einbildete, mit ihnen zugleich alle übrigen Fragmente aus der Kategorie der eigentlichen Fragmente heraus und in die Kategorie der Concretionsbildungen verweisen zu können. Wenn wir jedoch sehen, in welcher völlig regellosen Lage sich die Fragmente schiefriger Gesteine gewöhnlich da befinden, wo sie in grösserer Anzahl von einem eruptiven Gesteine umschlossen werden, so werden wir uns durch das zuweilige Vorkommen parallel gelagerter Fragmente nicht irre machen lassen. Im Gegentheile werden wir in der Form solcher plattenähnlichen, von einem geschichteten Gesteine abgehobenen und losgesprengten Fragmente eine Bedingung finden, welche unter geeigneten Umständen eine parallele Ablagerung derselben innerhalb der eruptiven Gesteinsmasse eben so nothwendig erscheinen lässt, wie die parallele Ablagerung der Glimmerblätter, welche sich mit ihren breiten Seitenflächen rechtwinkelig auf die Richtung der Schwerkraft oder eines von aussen ausgeübten Druckes stellen.

Die Zertrümmerung des Nebengesteines zu Fragmenten hat übrigens zuweilen in einem ausserordentlich grossen Maassstabe Statt gefunden, und wir begegnen daher mitunter solchen Fragmenten in umschlossener Lagerung, deren Dimensionen so colossal sind, dass man sie für selbständige Gebirgsglieder halten möchte. — Auf der andern Seite ist aber auch oftmals die Zerstückelung und Zerreibung des Nebengesteins so weit fortgesetzt worden, dass statt der Breccien und Conglomerate andere Frictionsproducte von psammitischem und selbst pelitischem Habitus zum Vorschein kamen, deren Material theils von dem durchbrochenen, theils von dem durchbrechenden Gesteine abstammt.

So beschreiben Lyell und Murchison Trachytfelsen von Giou bei Aurillac, welche ganz colossale Schichtenfragmente des dortigen Süsswasserkalksteins umschliessen; die einzelnen Trümmer sind z. Th. 50 bis 60 Fuss lang, und zeigen mitunter eine eben so auffallende Form als Lage. Eben so berichtet Boué von dem Granite der Pyrenäen, zumal der Gegend von Cierp und Pouzac, welcher hausgrosse Schiefer- und Kalksteinblöcke umschliesst; dasselbe ist in Sachsen der Fall mit dem Granite und Granulite der Gegend zwischen Rochlitz, Luntzenau und Burgstädt, wo diesen eruptiven Gesteinen

*) *Hitchcock Report on the Geol. of Massachusetts*, 1833, *p.* 482 ff. Mohs, Die ersten Begriffe der Min. u. Geogn. II, S. 174.

Fragmente des Glimmerschiefers von mehren tausend Fuss Länge eingesenkt sind; ja, der Granit von Eibenstock enthält Schieferinseln von stundenlanger Ausdehnung, welche nach allen ihren Verhältnissen gar keine andere Erklärung gestatten, als dass sie wirklich colossale Fragmente oder rückständige Fetzen des von dem Granite durchbrochenen Schiefergebirges sind.

Besonders auffallend erscheinen solche colossale Schollen und Partieen der durchbrochenen Gesteine, wenn sie in fast horizontaler Lage auf der Oberfläche der eruptiven Gesteinsablagerungen eingesenkt oder aufgesetzt liegen, welche letztere unter ihnen mit untergreifender Lagerung auftreten. So sahen v. Oeynhausen und v. Dechen auf der Insel Sky grosse Partieen des Liaskalksteins, welche wie fast horizontale Schalen auf der Oberfläche des dortigen Syenites ausgebreitet sind; und Hoffmann berichtet Aehnliches von einem tertiären Mergel, welcher auf einer der Cyclopeninseln dem Basalte aufliegt.

3) Gewaltsame Einpressung oder Injection des eruptiven Gesteins.

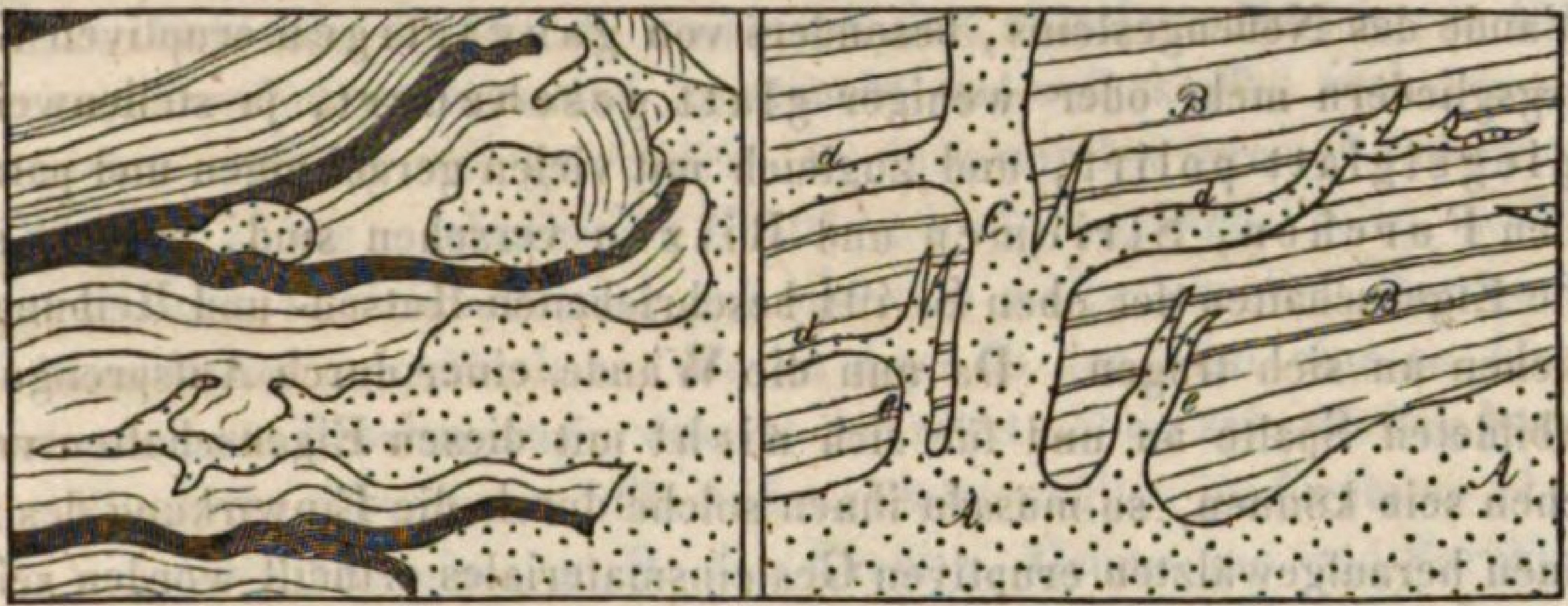
Zwar liefert uns schon die von unten nach oben erfolgte Ausfüllung der Gangspalten einen Beweis dafür, dass das Material der eruptiven Gesteine mit unwiderstehlicher Kraft in seine gegenwärtigen Ablagerungsräume hineingetrieben worden sein muss. Doch wird solches auf eine für die unmittelbare Wahrnehmung weit überzeugendere Weise durch diejenigen Erscheinungen dargethan, welche die von den gangartigen und stockförmigen Gebirgsgliedern auslaufenden Apophysen zeigen. Es ist oft wirklich erstaunenswerth, wie weit dergleichen Ausläufer von der Hauptmasse aus seitwärts abgehen, und in welchem feinen Maassstabe die äussersten Verzweigungen derselben ausgebildet sind. Besonders Granit und Basalt lassen in dieser letzteren Hinsicht sehr auffallende Erscheinungen wahrnehmen, indem sich die Adern dieser Gesteine oft so fein verästeln, dass deren äusserste Enden kaum liniendick sind, und endlich in papierdünne Lamellen auslaufen. Solche Erscheinungen beweisen nicht nur, mit welcher ungeheuren Kraft die eruptiven Massen in ihren gegenwärtigen Ablagerungsraum eindrangen, und wie sie sich nach allen Richtungen bis in die feinsten Verzweigungen der gebildeten Spalten Bahn zu brechen suchten; sondern sie beweisen zugleich, welchen hohen Grad der Flüssigkeit diese Massen besitzen mussten, um bis in die äussersten Enden so feiner Klüfte vordringen zu können.

Schon Faujas-de-Saint-Fond bemerkte, dass sich die letzten Verzweigungen der Basaltadern im Kalkstein zuweilen als haarfeine Lamellen darstellen, und Macculloch beobachtete dasselbe an den Granitadern im Glentilt in Schottland*),

*) *Recherches sur les volcans eteints du Vivarais et du Velay*, 1778, *p.* 332, und *Macculloch* in *Trans. of the Geol. Soc. III*, *p.* 265.

wie Hutton schon früher die nur linienstarken Verzweigungen des Granites an anderen Puncten Schottlands erkannt hatte.

In welchen höchst bizarren Formen aber die durch Injection gebildeten Apophysen des Granites zuweilen ausgebildet sind, dafür liefert der folgende Holzschnitt ein paar ausgezeichnete Beispiele, welche beide von Macculloch



Granit-Ramificationen
in Glentilt am Cape Wrath

entlehnt sind. Das erste Bild zeigt eine Stelle aus dem Glentilt in Schottland, wo der Granit mit Kalkstein und Schiefer in Conflict getreten ist; das zweite Bild stellt eine Granitverzweigung im Schiefer am Cape Wrath dar.

In beiden Figuren sind die granitischen Massen durch punktirte Zeichnung ausgedrückt; in der ersten Figur bedeuten die dicht gestreiften und daher dunkel erscheinenden Lagen blauen Thonschiefer, das Uebrige ist Kalkstein; zwischen den beiden oberen Thonschieferlagen sieht man den rundlichen Querschnitt einer, von dem übrigen Granite scheinbar völlig getrennten Apophyse dieses Gesteins. In der zweiten Figur streckt die grosse Granitmasse *A* in den Thonschiefer *B* eine mächtige gangartige Apophyse *C* hinaus, welche sich seitwärts ramificirt, während sie beiderseits von zwei kleineren Apophysen *e* begleitet wird; die mit *d* bezeichneten Theile aller dieser Ramificationen liegen den Thonschieferschichten fast parallel.

Von ganz besonderem Interesse sind die aufwärts steigenden und nach oben sich auskeilenden Trümer und Adern, welche man gar nicht selten von der Oberfläche solcher eruptiver Gesteinsmassen auslaufen sieht, die eine entschiedene untergreifende Lagerung besitzen. Indem sich diese Massen ihren Ablagerungsraum unter einem bereits vorhandenen Gebirgsgliede verschafften, wurde dieses letztere aufwärts gedrängt und in seinem Zusammenhange vielfältig unterbrochen; dadurch entstanden Klüfte und Spalten, in welche ein Theil des eruptiven Gesteinsmaterials hineingepresst wurde. Dergleichen aufsteigende Ramificationen sind nicht selten an Granitmassen zu beobachten; v. Oeynhausen und v. Dechen haben ein ausgezeichnetes Beispiel von Carnsilver-Cove in Cornwall beschrieben und abgebildet, zu welchem die an den sogenannten Seilthüren, bei Auerhammer in Sachsen, vorkommenden kleinen Gänge ein Seitenstück liefern, welches sich nur dadurch unterscheidet, dass die aufwärts steigenden Gänge alle vertical und fast parallel sind, während sie bei Carnsilver auffallend divergiren. Friedrich Hoffmann sah ganz ähnliche, vertical aufsteigende und sich nach oben auskeilende Basaltgänge in den

fast horizontalen Mergelschichten einer der Cyclopeninseln, welche dort auf einer untergreifenden Basaltmasse liegen.

4) Friction der Wände und Fragmente des Nebengesteins.

Es gehört zu einer der gewöhnlichsten Erscheinungen, dass die Wände des Nebengesteins, besonders von gangartigen eruptiven Gebirgsgliedern mehr oder weniger glatt gescheuert, ja stellenweise spiegelglatt polirt, und zugleich mit vielen geradlinigen und parallelen Furchen, Striemen und Ritzen versehen sind, so dass sie alle Eigenschaften der oben S. 494 beschriebenen Rutsch- und Reibungsflächen an sich tragen. Da nun die Wände einer durch Aufsprengung gebildeten Spalte an und für sich nicht mit diesen Eigenschaften versehen sein können, so müssen ihnen solche durch die Einwirkung des an ihnen heraufgewälzten eruptiven Gesteinsmateriales ertheilt worden sein. Auch ist es wohl sehr begreiflich, dass namentlich solche Gänge, deren Spalten vielleicht monatelang den Ausweg für eruptives Gesteinsmaterial bildeten, durch die so lange fortgesetzte Reibung dieser Massen eine mehr oder weniger auffallende Abglättung und Politur ihrer Gangulmen*) erleiden mussten.

Gerade so, wie die Wände der Canäle, in welchen die Lavaströme ausfliessen, durch die mehrtägige Friction der Lavamasse abgeglättet und mit Furchen versehen werden. Die Richtung der Frictionsstreifen, welche die Gangulmen eruptiver Gänge zeigen, ist gewöhnlich mehr oder weniger parallel mit der Falllinie dieser Gänge. Doch kommen auch sehr merkwürdige Ausnahmen vor. So berichtet z. B. Krug v. Nidda, dass die höchst ausgezeichneten Frictionsstreifen und Furchen an den Ulmen der Isländischen Trappgänge immer eine vollkommen horizontale Richtung haben, was nur durch eine vorausgegangene horizontale Friction der getrennten Gebirgstheile zu erklären sei.

Aber nicht nur die Gangulmen eruptiver Gesteinsgänge, sondern auch die Oberfläche der von ihnen fortgeschleppten Fragmente und die Oberflächen der, oft sehr gewaltsam in einander gewürgten Fragmente des zertrümmerten und in den Zustand einer Breccie versetzten Nebengesteins haben häufig eine starke und langwierige Friction erlitten, in Folge welcher sie als Rutsch- und Reibungsflächen erscheinen.

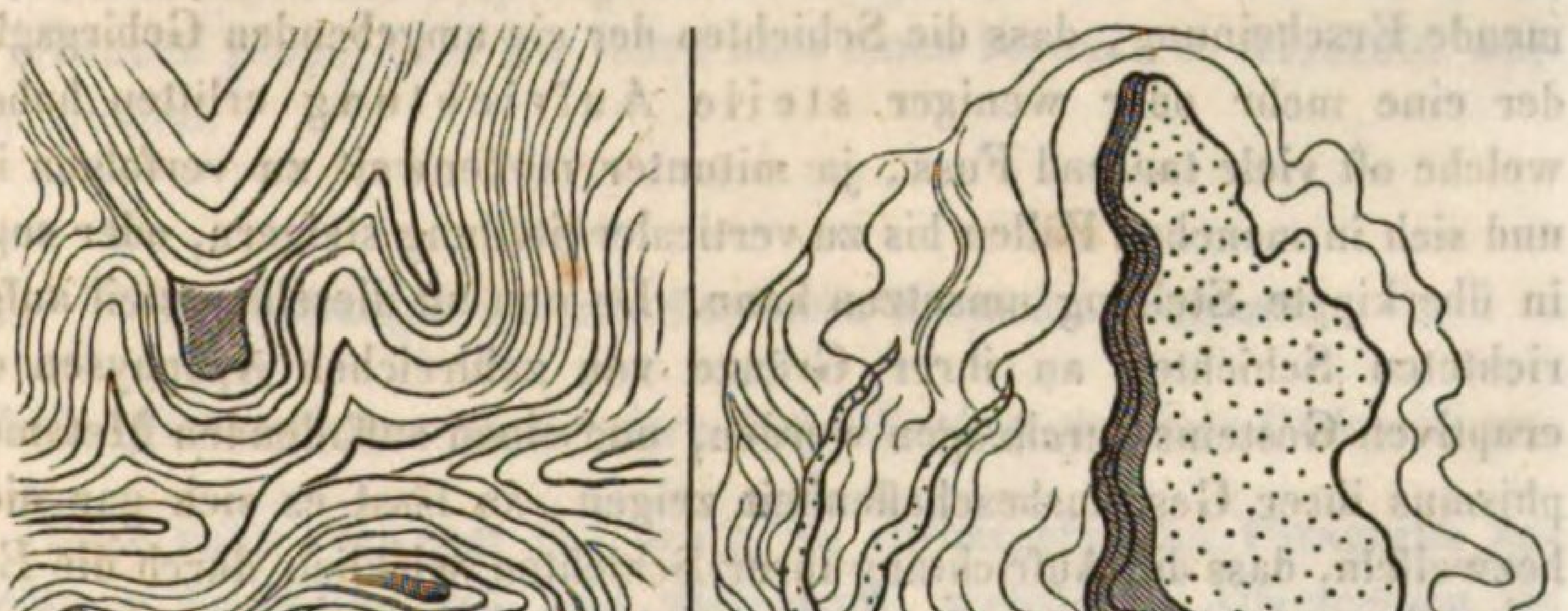
Diess ist z. B. der Fall mit den Fragmenten der Granitbreccien, welche die im Granite aufsetzenden Porphyrgänge unterhalb Meissen am Rabensteine und am Görisch einfasst, auch mit den Fragmenten des zertrümmerten Gneisses welcher stellenweise die Porphyrgänge der Gegend von Freiberg begleitet.

*) So nennt man nämlich die Wände des Nebengesteins eines Ganges.

5) Stauchungen und Windungen der Schichten.

Obgleich die eruptiven Gesteinsmassen die Parallelstructur und die Schichtung des Nebengesteins oft ganz ungestört gelassen haben, so findet doch auch sehr häufig das Gegentheil Statt. In vielen Fällen sieht man die Schichten-Enden, da wo sie mit dem eruptiven Gesteine in Contact und Conflict getreten sind, gestaucht und aufgeklafft, verbogen und geknickt, verdreht und gewunden, so dass man bei ihrem Anblicke unwillkürlich an die mechanischen Kraftäusserungen erinnert wird, welche das eruptive Gesteinsmaterial auf die ihm widerstehenden Massen des Nebengesteins ausgeübt hat. Es ist diess in der That eine so häufig vorkommende Erscheinung, dass es gar nicht nöthig sein dürfte, besondere Beispiele anzuführen. Sie findet sich vorzüglich im Contacte ältere r eruptiver Gesteine, z. B. der Granite, Grünsteine und Porphyre, mit älteren Sedimentgesteinen, und sie lässt sich gewissermaassen als das erste Stadium derjenigen Störungen betrachten, welche, wenn sie im gesteigerten Maasse eingetreten sind, eine Zerbrechung und Zermalmung des Nebengesteins verursacht haben.

Obgleich die Erscheinung bei den Laven, als den neuesten eruptiven Gesteinen, nicht so gar häufig beobachtet worden ist, weil wir diese Gesteine, selbst da, wo sie gangartig auftreten, gewöhnlich unter Verhältnissen beobachten, bei welchen sie nicht mehr einen bedeutenden Widerstand des Nebengesteins zu überwinden hatten, so führt uns doch Lyell ein paar sehr ausgezeichnete Beispiele einer solchen von Lava ausgeübten Einwirkung vor, welche so vollkommen an die ähnlichen Erscheinungen erinnern, die man hundertfältig im Contacte von Granit und Schiefer beobachtet hat, dass wir es uns nicht versagen können, sie in beistehendem Holzschnitte unsern Lesern zu veranschaulichen.



Schichtenwindungen und Apophysen von Lava auf den Cyclopen-Inseln.

Beide Figuren zeigen uns die höchst auffallenden Windungen, welche die tertiären Schieferthonschichten der Cyclopeninseln durch die Einwirkung der Lava erlitten haben; die zweite Figur stellt aber auch Adern und Keile von Lava dar, welche in diese gewundenen Schichten eingedrungen sind, gerade so, wie es an vielen Punkten beobachtet wird, wo der Granit mit dem Thonschiefer oder Glimmerschiefer in Conflict getreten ist. Eine so völlige Uebereinstimmung der Wirkungen lässt wohl auch auf eine grosse Aehnlichkeit der Ursachen und ihrer Wirkungsart schliessen.

An den Gränzen der Gänge und der gangartigen Apophysen eruptiver Gesteine ist die Biegung der Schichten nicht selten in der Weise ausgebildet, dass die Enden derselben alle entweder aufwärts oder abwärts geschleift sind, was zum Theil mit gewissen Bewegungen der Gebirgstheile in Verbindung steht, von denen weiter unten die Rede sein wird. Als eine besondere Merkwürdigkeit, welche z. B. die Trümer und Adern des Granites im Granulite der Gegend von Mittweida in Sachsen gar nicht selten wahrnehmen lassen, ist noch der Umstand zu erwähnen, dass die Schieferung des Granulites zu beiden Seiten dieser Granitadern nach entgegengesetzten Richtungen umgebogen ist, indem die Biegung auf der einen Seite vorwärts, auf der andern Seite rückwärts Statt findet.

6) Störungen des allgemeinen Schichtenbaues und der Lagerung.

Wenn uns schon die plötzlichen Unterbrechungen der Stetigkeit eines Gebirgsgliedes, wie sie durch jeden Gang oder Stock hervorgebracht worden sind, als höchst evidente Beweise eines sehr gewaltsamen Eingreifens der eruptiven Gesteine gelten müssen, so wird uns doch der wahre Maassstab für die Grösse dieser mechanischen Gewalten erst durch diejenigen Störungen geboten, welche mächtige Schichtensysteme in ihrem Baue und in ihrer Lagerung da erkennen lassen, wo sie der Einwirkung grösserer eruptiven Gesteinsmassen ausgesetzt gewesen sind. So ist es eine bei den typhonischen Stöcken sehr gewöhnlich vorkommende Erscheinung, dass die Schichten der sie umgebenden Gebirgsglieder eine mehr oder weniger steile Aufrichtung erlitten haben, welche oft viele tausend Fuss, ja mitunter meilenweit zu verfolgen ist, und sich in manchen Fällen bis zu verticaler Stellung steigern, oder sogar in überkippte Stellung umsetzen kann. Da nun oft dieselben steil aufgerichteten Schichten au ihrer Gränze von zahlreichen Apophysen des eruptiven Gesteins durchzogen werden, und einen auffallenden Metamorphismus ihrer Gesteinsbeschaffenheit zeigen, so lässt es sich gar nicht bezweifeln, dass die Aufrichtung ihrer Schichten wirklich durch die Emportreibung des eruptiven Gesteins bewirkt worden sei.

In Sachsen ist z. B. die viele tausend Fuss mächtige Grauwackenkette zwischen Strehla und Oschatz, welche weiterhin im Collmberge aufragt, durch die Granitmassen des nördlich vorliegenden Dürrenberges so stark gehoben

worden, dass ihre Schichten meist 70 bis 90° in Süd einfallen; zugleich haben die, zunächst an den Granit angränzenden Thonschieferschichten sehr merkwürdige Umwandlungen erlitten. Der colossale typhonische Granulitstock zwischen Döbeln und Hohenstein hat aber die Massen des Schiefergebirges fast ringsum nach allen Seiten aufwärts gedrängt, so dass er von demselben beinahe in mantelförmiger Umlagerung umgeben wird; dabei fanden die auffallendsten Zerreissungen des Schiefergebirges, Zerbrechungen desselben in grosse Schollen und Fetzen Statt, welche letztere, eben so wie die innersten Theile des Mantels, die verschiedenartigsten Metamorphosen ihres Gesteins erkennen lassen. Die Wirkungen dieser mächtigen und sehr alten Erhebung lassen sich aber nach gewissen Richtungen an 2 Meilen weit verfolgen. In England hat die Trappkette der Abberley-Hills, von Abberley-Lodge bis Hills-End, oder auf eine Länge von einer geographischen Meile, die Schichtensysteme der Silurischen und Devonischen Formation dermaassen aus ihrer Lage gebracht, dass sie völlig überkippt wurden, und eine anomale Umkehrung ihrer Lagerung eingetreten ist*). Und so liessen sich viele ähnliche Beispiele aus anderen Gegenden anführen.

Wenn wir bedenken, dass in solchen Fällen durch die eruptiven Gesteinsmassen Schichtensysteme von vielen tausend Fuss Mächtigkeit erhoben und aufwärts gebogen wurden, wie die Blätter eines Buches durch die Hand eines Kindes, so werden wir wohl auf die Anerkennung ganz ungeheurer mechanischer Kräfte gedrängt, durch welche das Material jener Gesteine zu Tage gefördert worden sein muss. Diese Kräfte sind aber keine anderen, als diejenigen, welche noch jetzt halbe Welttheile erschüttern, ganze Inseln aus dem Meeresgrunde steigen lassen, und grosse Landstriche unter Lavadecken begraben. Es sind, mit einem Worte, die abyssodynamischen Kräfte, welche zu allen Zeiten in Wirksamkeit waren, ohne gerade immer von Eruptionen massiger Gesteine begleitet gewesen zu sein, deren mechanische Wirkungen sich aber in den Störungen des ursprünglichen Gebirgsbaues auf so vielfache Weise zu erkennen geben, dass wir ihnen noch einen besonderen Abschnitt widmen müssen.

D. Störungen des ursprünglichen Baues der Erdkruste.

§. 246. *Verwerfungen und andere durch Spalten geleitete Dislocationen.*

Sehr nahe verwandt mit denen im vorhergehenden Paragraph betrachteten Erscheinungen sind diejenigen, welche im Allgemeinen als Störungen des ursprünglichen Baues der Erdkruste bezeichnet werden

*) *Murchison*, *The Silurian System*, *p.* 420.

können, und sich von jenen theils durch die Grösse ihres Maassstabes, theils dadurch unterscheiden, dass sie sich nicht immer in einen bestimmten Causalzusammenhang mit gewissen Gesteins-Eruptionen bringen lassen, sondern meist nur als die Resultate ehemaliger Bewegungen grösserer oder kleinerer Theile der Erdkruste zu erkennen geben.

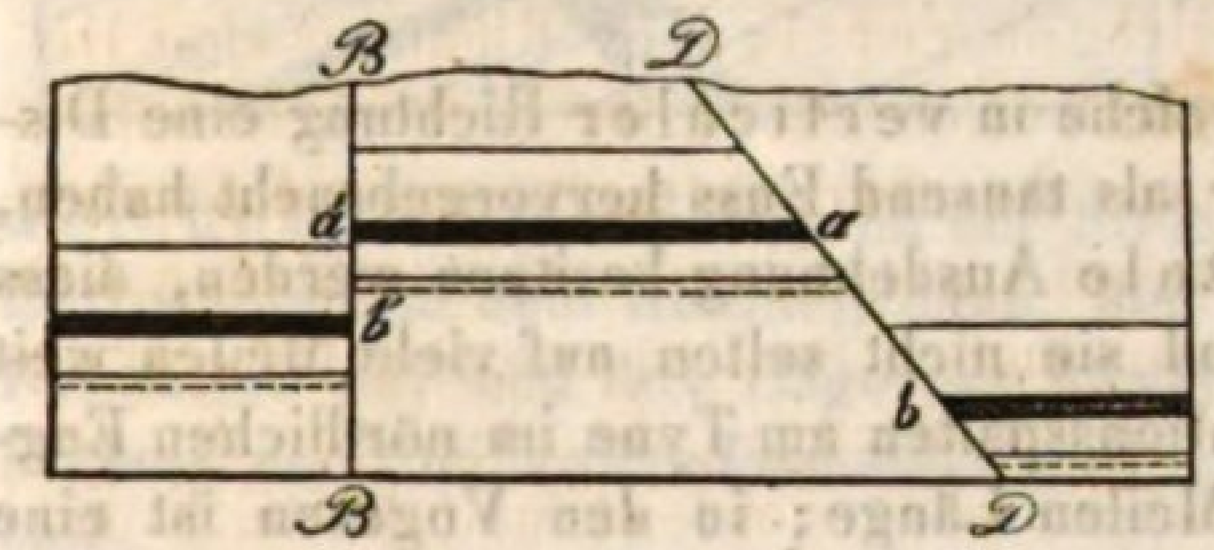
Dergleichen Bewegungen haben sich aber zu allen Zeiten und in allen Gegenden ereignet; denn, wenn sie auch in den älteren geologischen Perioden besonders häufig und grossartig vorgekommen sind, so begegnen wir ihren Wirkungen doch auch im Gebiete der neueren Formationen; und wenn auch grosse Landstriche während gewisser Perioden von ihnen verschont blieben, so sind sie doch entweder in früheren oder in späteren Perioden von ihnen ergriffen worden. Man kann daher behaupten, dass sich kein Theil der Erdkruste noch gegenwärtig in seiner ursprünglichen Lage befindet, und dass ein grosser Unterschied zwischen den ursprünglichen und den gegenwärtigen geotektonischen Verhältnissen obwaltet. Diess gilt sogar ganz abgesehen von denjenigen Bewegungen, welche eine allgemeine absolute Niveau-Aenderung herbeigeführt haben, wie sie z. B. durch die säcularen Hebungen der Continente verursacht werden musste.

Zu den häufigsten Wirkungen der mehr localen, auf einzelne Landstriche beschränkten Bewegungen gehören die Dislocationen, die Verwerfungen oder Verschiebungen, welche längs gewisser Spalten zwischen den beiden durch sie getrennten Stücken der Erdkruste eingetreten sind. Man hat sie auch Sprünge genannt, welche Benennung zugleich an die Spalte und an die mit ihr verbundene Dislocation erinnert. Es bestehen aber diese Verwerfungen wesentlich darin, dass die beiden Gebirgstheile, deren ursprünglicher Zusammenhang durch eine Spalte aufgehoben worden war, während oder nach der Spaltenbildung eine gegenseitige Verrückung ihrer Lage erfahren haben, welche gewöhnlich nur in einer Bewegung des einen Theils, bisweilen aber auch in einer Bewegung beider Theile begründet gewesen ist.

Man beobachtet dergleichen Verwerfungen sowohl bei solchen Spalten, welche durch eruptive Gesteinsmassen oder durch andere Mineral-Aggregate ausgefüllt und zu Gängen umgebildet worden sind, als auch bei solchen Spalten, welche keinen Raum für Gangbildungen geliefert haben, und daher als mehr oder weniger geschlossene, jedoch weit fortsetzende Klüfte erscheinen. In allen Fällen aber nennt man die Spalte, welche gewissermaassen die Bahn für die Statt gefundene Bewegung geliefert und solche geleitet hat, die Dislocationsspalte, Verwerfungsspalte oder Sprungkluft.

Sehr häufig ist nun die Verwerfung darin begründet, dass der eine, im Hangenden der Verwerfungsspalte befindliche Gebirgstheil abwärts bewegt worden ist; was meist genau, oder doch sehr nahe in der Richtung der Falllinie der Spalte Statt gefunden hat.

Solche, durch eine Niederziehung oder Senkung des hangenden Gebirgstheils bewirkte Dislocationen gehören zu den ganz gewöhnlichen Erscheinungen. Der beistehende Holzschnitt mag zur Erläuterung derselben dienen. Er stellt ein horizontales Schichtensystem dar, in welchem eine durch ihr Material ausgezeichnete Schicht *aa'*, z. B. ein Steinkohlenflötz, enthalten ist. Der ursprüngliche Zusammenhang dieses Schichtensystems ist durch eine verticale Spalte *BB*, und durch eine geneigte Spalte *DD* aufgehoben worden, und der links von der ersten Spalte liegende Theil ist um die Höhe *a'b'*, der rechts von der zweiten Spalte liegende Theil um die Höhe *ab* herabgerutscht. Dadurch sind die einzelnen Theile des Kohlenflötzes und aller übrigen Schichten von einander gezogen oder verworfen worden. — Bei Sprungklüften, welche nicht vertical, sondern gegen den Horizont geneigt sind, wie bei *DD*, nennt man die Länge *ab* die flache Sprunghöhe, und den verticalen Abstand des Punktes *b* unter dem Punkte *a* die seigere Sprunghöhe; bei verticalen Sprungklüften wie *BB* giebt es natürlich gar keine flache Sprunghöhe.



Bei allen Verwerfungen, welche längs flach fallender oder geneigter Sprungklüfte Statt fanden, lässt sich aber eigentlich die Erscheinung nach zwei, oder selbst nach drei Richtungen zerlegen, indem die Verwerfung sowohl eine verticale, als auch eine horizontale Entfernung der getrennten Schichtentheile verursacht hat, welche letztere wiederum entweder in der Vertical-Ebene des Fallens, oder in der Vertical-Ebene des Streichens der Verwerfungsspalte aufgesucht und verfolgt werden kann. Daher sind in solchen Fällen die verticale Grösse der Verschiebung, oder die seigere Sprunghöhe, und die horizontale Grösse der Verschiebung, oder die söhlige Sprungweite, die letztere aber wiederum in der Richtung des Fallens und des Streichens der Sprungkluft zu unterscheiden.

Die Grösse der Sprunghöhe, welche den absoluten Maassstab für die Grösse der ganzen Verwerfung abgiebt, ist nun äusserst verschieden; bald beträgt sie nur einige Zoll, bald mehre Fuss; nicht selten erreicht sie aber auch mehre hundert, ja zuweilen tausend Fuss und darüber. Daraus ergiebt sich, dass wir es bei diesen Dislocationen zum Theil mit sehr grossartigen Erscheinungen zu thun haben.

So hat z. B. der sogenannte *ninety-fathom-dike*, im Steinkohlenreviere von Newcastle, die zu beiden Seiten liegenden Theile der Steinkohlenformation um 90 Faden oder 540 F. verworfen. Eben so kennt man nach Mammat

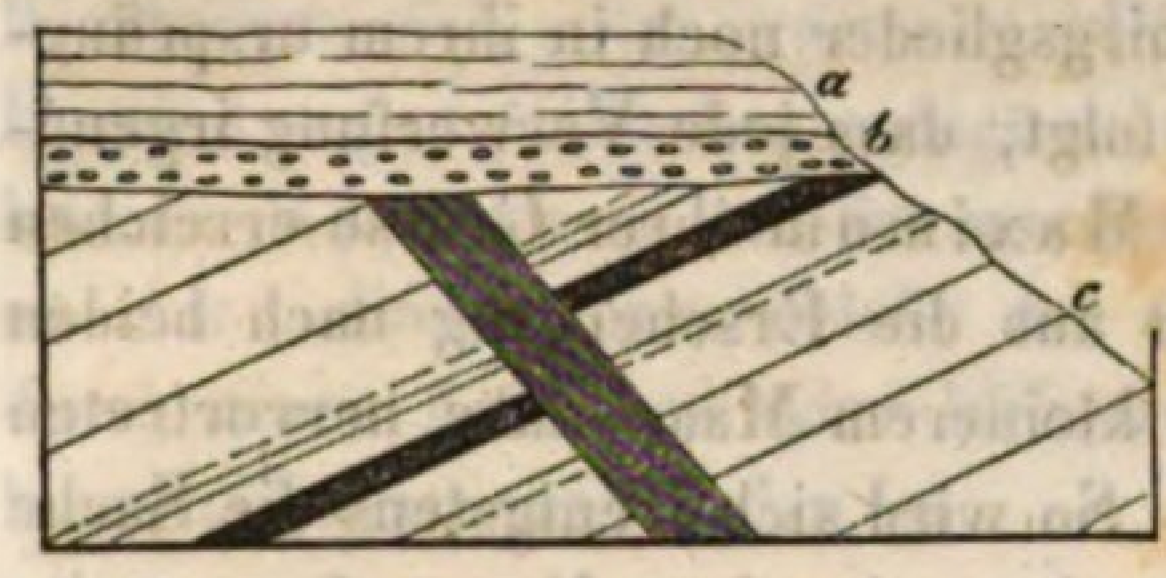
in dem Kohlenfelde von Ashby-de-la-Zouch in Leicestershire eine Verwerfung von 500 Fuss. Andere Verwerfungen in der Gegend von Newcastle erreichen eine Sprunghöhe von 140 Faden, oder 840 Fuss. Die grosse Verwerfung im Döhlener Steinkohlenbassin bei Dresden erreicht in der Gegend des Gustavschachtes an 700 Fuss flache, oder 560 Fuss seigere Sprunghöhe. Der sogenannte Feldbiss, bei Bardenberg unweit Eschweiler in Rheinpreussen, hat eine so enorme Verwerfung hervorgebracht, dass auf seiner nordöstlichen Seite die ganze Steinkohlenformation in unerreichbarer Tiefe zurückgeblieben ist. Dasselbe ist mit der sogenannten Münstergewand im Indethale, und mit der Sandgewand bei Eschweiler der Fall.

Dass nun Verwerfungsspalten, welche in verticaler Richtung eine Dislocation von vielen hundert oder mehr als tausend Fuss hervorgebracht haben, auch eine sehr bedeutende horizontale Ausdehnung besitzen werden, diess ist zu erwarten; und in der That sind sie nicht selten auf viele Meilen weit nachgewiesen worden. Einige Dislocationsspalten am Tyne im nördlichen England kennt man auf 6 bis 7 geogr. Meilen Länge; in den Vogesen ist eine solche Spalte auf 15 Meilen Länge nachgewiesen worden, und die im Königreiche Sachsen bei Oberau beginnende und bis nach Liebenau in Böhmen fortlaufende Dislocationslinie hat eine Länge von 17 Meilen; ja, nach Virlet setzt bei Givry unweit Châlons (sur Saone) eine Verwerfung auf, welche sich aus der Gegend zwischen Cluny und Charolles, über Dijon bis nach Nancy, also 45 Meilen weit verfolgen lässt.

Obgleich aber die Verwerfungen in zahllosen Fällen durch eine Senkung des hangenden Gebirgstheils erfolgt sind, so kennt man doch viele Fälle, in welchen sie durch eine Emportreibung des liegenden Gebirgstheils bewirkt wurden. Es ist begreiflich, dass der formelle Bestand der Erscheinung allein kein bestimmtes Anhalten dafür gewähren kann, welcher Gebirgstheil eigentlich in Bewegung versetzt worden ist, und dass also noch andere Verhältnisse zu berücksichtigen sind, wenn es sich um die wahre Erklärung einer solchen Verwerfung handelt. In praktischer Hinsicht, z. B. für die Wiederauffindung eines durch eine Verwerfung verlorenen Steinkohlenflötzes, ist jedoch die Frage gleichgiltig, sobald nur der hangende Gebirgstheil das tiefere, und der liegende Gebirgstheil das höhere Niveau behauptet*). — Es giebt aber auch Fälle, in denen das Gegentheil Statt findet, indem der hangende Gebirgstheil in ein höheres Niveau gerückt ist, als der liegende Gebirgstheil. Man hat dergleichen Verwerfungen, sofern sie wirklich durch eine Aufwärtsbewegung des hangenden Gebirgstheils entstanden sind, Uebersprünge oder auch Ueberschiebungen genannt.

*) Im zweiten Theile, bei der speciellen Betrachtung der Lager und Gänge, werden die Regeln für die Wiederauffindung der durch Verwerfungen verlorenen Lager- und Gangtheile mitgetheilt werden.

Der beistehende Holzschnitt, welcher nach Sedgwick die durch einen Melaphyrgang oder Grünsteingang bewirkte Verwerfung der Schichten der Steinkohlenformation am Quarrington-Hill bei Durham darstellt, zeigt uns ein



Beispiel einer solchen Ueberschiebung. Die Sprunghöhe, um welche die beiden Theile des durchsetzten und verworfenen Steinkohlenflötzes, eben so wie die aller übrigen Schichten, von einander entfernt worden sind, beträgt 24 Fuss. Die in dem Bilde mit *a* und *b* bezeichneten Schichten, welche abweichend auf den Schichten der Steinkohlenformation liegen, gehören dem Zechsteine und dem Rothliegenden, den beiden Hauptgliedern der Permischen Formation an, und ihre Lagerung beweist, dass sie sehr lange nach der Bildung der Steinkohlenformation und des Grünsteinganges abgesetzt worden sind.

Es lässt sich voraussetzen, dass diese rutschenden Bewegungen grosser Gebirgstheile, welche längs einer sie trennenden Spalte eingetreten sind, eine mehr oder weniger auffallende mechanische Einwirkung auf die Spaltenwände und die zunächst angränzenden Gesteinsmassen ausgeübt haben müssen; und die Erfahrung bestätigt diese Voraussetzung vollkommen. Die Wände der Dislocationsspalten wurden durch die gewaltsame und unter einem ungeheuren Drucke vollzogene Bewegung abgeglättet und polirt; ihre gegenseitig hervorragenden Theile wurden zerquetscht und zerrieben; die angränzenden Schichten-Enden wurden einerseits aufwärts, anderseits abwärts geschleift, geknickt und gestaucht, zerbrochen und zermalmt, nnd der durch alle diese Operationen gelieferte, theils gröbere, theils feinere, mit unwiderstehlicher Kraft in einander gewürgte, gepresste und gequetschte Gesteinsschutt stellt nun eigenthümliche, dem Laufe der Dislocationsspalte folgende gangartige Gebilde dar, welche meist nach allen Richtungen von Rutsch- und Quetschflächen durchzogen werden, deren Frictionsstreifen, eben so wie diejenigen der Spaltenwände selbst, in ihrer Richtung die Richtung der Statt gefundenen Bewegung erkennen lassen.

Daher finden wir denn z. B. in der Steinkohlenformation die sogenannten Rücken oder Kämme; gangähnliche Bildungen, welche die Verwerfungsspalten erfüllen, und hauptsächlich aus zerbrochenem und zerriebenem Sandstein, aus zermalmtem Schieferthon, auch wohl stellenweise aus zerquetschter Steinkohle bestehen. In manchen Fällen ist es nur eine schmale Lettenlage, welche als das Product des Zerreibungsprocesses erscheint, und zuweilen liegen die glatt gescheuerten und polirten Wände der Verwerfungsspalte unmittelbar an einander, ohne irgend ein Zerreibungsproduct erkennen zu lassen.

Eine jede Dislocationsspalte wird, wenn sie auch noch so weit fortsetzt, doch in ihrem Streichen nach beiden Seiten hin zu Ende gehen, was in der Regel durch eine Auskeilung geschieht. Da sich nun jenseits dieser Auskeilung die Gebirgsglieder noch in ihrem ursprünglichen Zusammenhange befinden, so folgt, dass jede Verwerfung irgendwo in der Mitte ihres Verlaufes das Maximum ihrer Grösse erreichen muss, und dass von dieser Region aus die Erscheinung nach beiden Seiten hin in immer kleinerem und kleinerem Maassstabe hervortreten wird, bis sie endlich verschwindet. So wird sich wenigstens die Sache dort herausstellen müssen, wo nur eine einzige Verwerfungsspalte durch das Land setzt; auch lässt sich dann erwarten, dass die Verwerfung selbst wesentlich nur in einer Hebung oder Senkung des einen Gebirgstheils bestanden hat, weshalb die Frictionsstreifen der Sprungkluft hauptsächlich der Richtung der Falllinie derselben folgen werden.

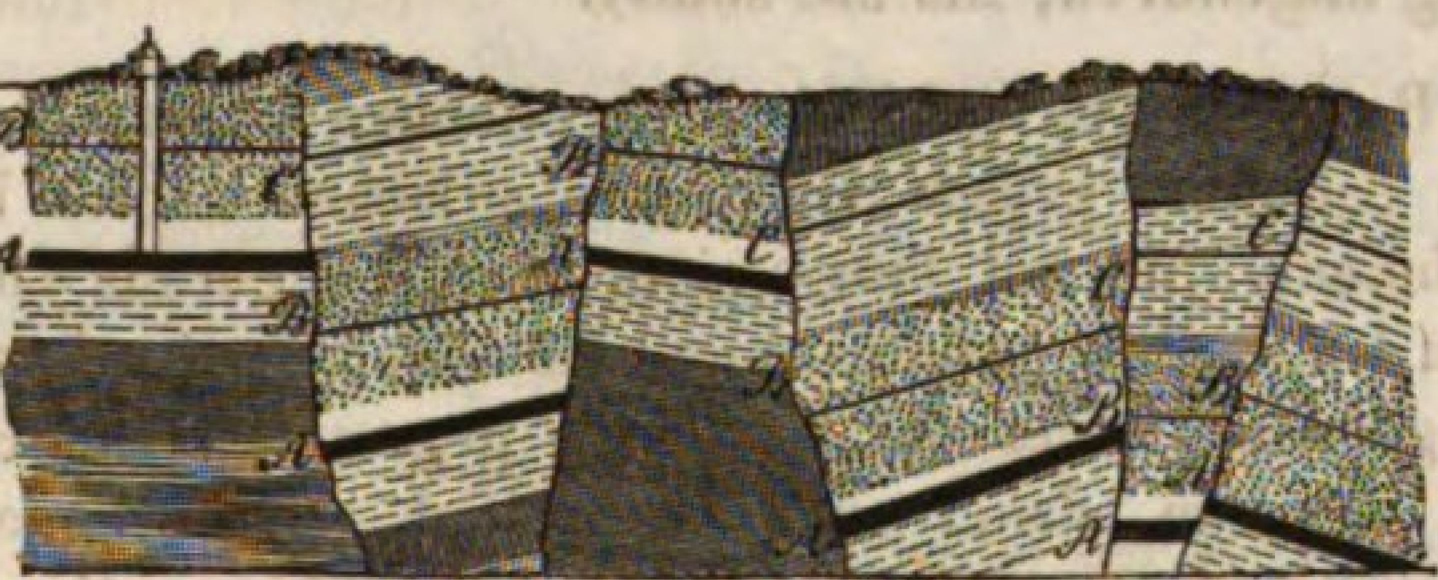
Bisweilen hat jedoch längs einer und derselben Dislocationsspalte eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne Statt gefunden, indem von irgend einem Puncte aus nach der einen Seite eine Senkung, nach der andern Seite eine Hebung des einen Gebirgstheils vollzogen worden ist, so dass die ganze Verwerfung gewissermassen in zwei Flügel zerfällt, innerhalb welcher die relativen Niveau-Verhältnisse beider Gebirgstheile geradezu die entgegengesetzten sind.

Gewöhnlich sind aber in einer und derselben Gegend viele Dislocationsspalten zugleich oder bald nach einander zur Ausbildung gelangt, welche einander theils parallel streichen, theils unter rechten oder schiefen Winkeln durchschneiden, und eine solche Zerstückelung des betreffenden Theiles der Erdkruste verursacht haben, dass sich die Erscheinung nur mit einer im colossalen Maassstabe ausgebildeten unregelmässig polyëdrischen Zerklüftung vergleichen lässt, welche zugleich mit einer gegenseitigen Verschiebung aller Zerklüftungsstücke verbunden ist. In einem solchen Falle können nun die Bewegungen der zwar dicht in einander gefügten, aber durch Spalten allseitig von einander getrennten Gesteinskörper nach mancherlei sehr verschiedenen Richtungen Statt gefunden haben; und denken wir uns z. B., dass ein solches zerstückeltes Gebirgsglied von den Undulationen wiederholter Erdbeben ergriffen worden ist, so begreifen wir, dass die verschiedenen Stücke, indem sich die abyssodynamischen Bewegungen mit den Wirkungen der Schwerkraft vereinigten, nach sehr verschiedenen Richtungen an einander verschoben werden mussten.

Daher finden wir denn auch nicht selten, dass die Frictionsstreifen, in welchen sich uns die Richtung der Bewegung offenbart, in schrägen,

ja zuweilen sogar in *horizontalen* Richtungen auf den Wänden der Sprungklüfte hinlaufen; oder auch, dass sich auf einer und derselben Kluft *mehre* Systeme von Frictionsstreifen unterscheiden lassen, deren Richtungen sich unter grösseren oder kleineren Winkeln durchschneiden. Es sind sogar Fälle beobachtet worden, welche nur durch eine *drehende Bewegung* erklärt werden können, wobei irgend eine Linie als *Axe* diente, um welche der eine Gebirgstheil auf der Kluftfläche durch einen grösseren oder kleineren Winkel gegen den anderen Gebirgstheil verdreht worden ist.

Ein auf diese Weise zerstückelter und in seinen einzelnen Stücken durch einander gerüttelter Theil der Erdkruste gewährt das Bild der grossartigsten Zerstörung, wie sie wohl nur durch heftige Erdbeben hervorgebracht worden sein kann, und kaum durch blose Senkungen, in Folge der alleinigen Wirkung der Schwerkraft, zu erklären sein dürfte. Der beistehende Holzschnitt zeigt eine solchergestalt zerstückelte und durch einander geschüttelte Region des Steinkohlenreviers von Auckland in Durham. Man sieht, wie die colossalen Fragmente des ganzen Schichtensystems nach verschiedenen Richtungen bewegt worden sind, wie dadurch Senkungen und Verstürzungen entstanden, so dass das Ganze eine Riesenbreccie von wild durch einander geworfenen Gebirgstrümmern darstellt. Besonders lässt das mächtigste Kohlenflötz *A* in der Lage seiner einzelnen Theile die Statt gefundenen Verschiebungen in einer sehr auffallenden Weise erkennen; aber auch in den minder mächtigen Flötzen *B* und *C*, so wie in allen übrigen Schichten, wiederholen sich genau dieselben Verhältnisse.



Wenn die Spalten, durch welche solche vielfache Verwerfungen verursacht wurden, einander ungefähr parallel sind, so können dadurch ganz eigenthümliche Verhältnisse hervorgebracht werden. Namentlich gehört hierher diejenige Erscheinung, bei welcher für ein und dasselbe Flötz, überhaupt für einen und denselben Schichtencomplex, *viele hinter einander liegende Ausstriche* zum Vorschein kommen. Denken wir uns z. B. ein Schichtensystem, dessen Schichten wie in dem nebenstehenden Holzschnitte 20° nach West einfallen, sei von drei fast parallelen, nordsüdlich streichenden und steil fallenden Spalten durchschnitten, und die dadurch gebildeten Parallelkörper desselben seien längs dieser Spalten alle dergestalt entweder aufwärts oder abwärts geschoben worden, dass die Bewegung von einer Spalte zur anderen in immer grösserem Maasse Statt fand, so wird dadurch für *jede* Schicht eine *Repetition* ihrer Ausstriche her-



beigeführt werden, vor deren richtiger Erkenntniss man sich leicht der Illusion hingeben könnte, dass man z. B. in dem betreffenden Felde nicht ein Kohlenflötz *a*, sondern vier verschiedene Kohlenflötze *a*, *b*, *c* und *d* besitze. — Zugleich zeigt dieses Bild bei *a* den bisweilen vorkommenden Fall, dass sich eine Verwerfungsspalte durch das Auseinanderweichen der getrennten Gebirgstheile zu einem mehr oder weniger weit klaffenden keilförmigen Schlunde erweitert hat, welcher gewöhnlich mit gröberem Schutte der angränzenden Gesteinsschichten ausgefüllt worden ist.

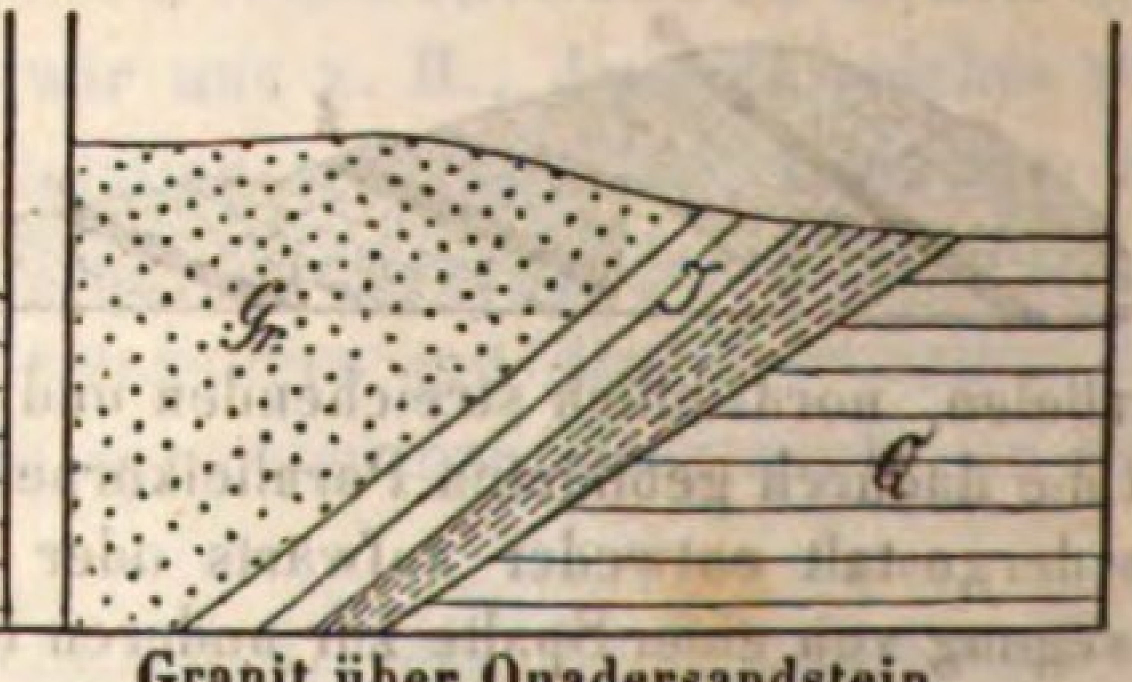
Wenn die vorher erwähnten Ueberschiebungen auf flach fallenden Verwerfungsklüften in einem sehr grossen Maassstabe zur Ausbildung gelangt sind, so können sie gleichfalls zu merkwürdigen Erscheinungen Veranlassung geben, weil dann die verschobenen Massen auch in horizontaler Richtung eine bedeutende Dislocation erfahren haben, und folglich über andere Gebirgsglieder hingeschoben worden sein können, denen sie gegenwärtig aufgelagert erscheinen, obwohl solche vielleicht einer weit späteren Bildung angehören, als sie selbst.

Höchst ausgezeichnete Beispiele solcher weit ausgreifenden Ueberschiebungen liefert uns die oben erwähnte grosse Dislocation zwischen Oberau in Sachsen und Liebenau in Böhmen. Sie hat längs einer ziemlich gerade von WNW. nach OSO. laufenden Linie Statt gefunden, und ist offenbar mit einem Drängen des nördlich vorliegenden Theiles der Erdkruste gegen den südlich anliegenden Theil verbunden gewesen, daher auch die südlich angränzenden Schichten des Quadersandsteins und Pläners theils eine Aufrichtung, theils eine Bedeckung durch die, in ein höheres Niveau herauf und über sie weggeschobenen Massen des weit älteren Granites und Syenites erfahren haben.

Der folgende Holzschnitt zeigt in der zweiten Figur diese Ueberschiebung des Granites über den Quadersandstein, wie solche im Polenzthale bei Hohnstein vorliegt. Die Gränzfläche des Quadersandsteins hat ungefähr eine Neigung von 30°, und lieferte die schiefe Ebene für die Ueberschiebung des Granites, welche, so weit sie über Tage entblöst ist, mindestens auf eine Länge von 1000 Fuss Statt gefunden hat. Dazu gesellt sich jedoch noch die merkwürdige und in ihrer Art einzige Erscheinung, das zwischen dem Granit und dem Quadersandsteine ein System von Kalkstein- und Sandsteinschichten eingeklemmt ist, welches durch seine Petrefacten ganz entschieden als ein Glied der Juraformation charakterisirt wird; einer Formation, die gesetzmässig nur



Gneiss über Kalkstein am Laubstocke.



Granit über Quadersandstein bei Hohnstein.

unter dem Quadersandstein gelagert sein kann, von welcher man aber bis jetzt weder in Sachsen, noch in den angränzenden Theilen von Böhmen und Schlesien eine Spur entdeckt hat. Der Granit muss also bei seiner Ueberschiebung einen Theil der, unter dem Quadersandstein nothwendig vorauszusetzenden, aber völlig begrabenen Juraformation erfasst, fortgerafft und mit sich aufwärts geschleift haben.

Jedenfalls sind die wunderbaren Erscheinungen in den Alpen, welche zuerst von Hugi und dann genauer von Studer beschrieben wurden, gleichfalls in die Kategorie solcher Ueberschiebungen zu verweisen. Im Haslithale sieht man zu beiden Seiten, sowohl am Laubstocke als am Pfaffenkopfe, über den dem Gneisse aufgelagerten Kalkstein denselben Gneiss in ungeheuren Massen hinausgeschoben, so wie es das erste Bild in vorstehendem Holzschnitte darstellt. Die Erscheinung tritt uns hier in einem weit grossartigeren Maassstabe entgegen, als in dem vorher betrachteten Falle von Hohnstein, und sie wird noch dadurch besonders lehrreich, dass man unten den Kalkstein auf derselben Granitgneissbildung aufliegen sieht, welche oben über ihm aufragt, daher er wie ein colossaler, im Gneisse eingeklemmter Keil erscheint. Ganz ähnliche, aber zum Theil unter noch weit merkwürdigeren Verhältnissen ausgebildete Ueberschiebungen des Gneisses finden sich am Mettenberge, am Schreckhorn, an der Jungfrau, am Urbachsattel gegen Rosenlaui hin, und an vielen anderen Puncten, so dass diese Erscheinung eine in den Alpen ganz gewöhnliche Dislocationsform ist.

§. 247. *Aufrichtung mächtiger Schichtensysteme, und ursprünglich geneigte Schichten.*

Wir können es als einen völlig erwiesenen Satz hinstellen, dass die meisten sedimentären, d. h. auf dem Grunde eines grösseren oder kleineren Wasserbassins gebildeten Schichten in horizontaler oder doch nur sehr wenig geneigter Lage abgesetzt worden sind, und dass also eine vollkommene oder doch beinahe horizontale Lage als die gesetzmässige und ursprüngliche Lagerungsweise derselben zu betrachten ist. Es kommen zwar Ausnahmen von dieser Regel vor; allein diese Ausnahmen sind doch nur auf kleinere Räume beschränkt, und zeigen höchstens einen Fallwinkel bis zu 35°, während Schichten von 50 und 70° Neigung, und vollends verticale Schichten entschieden sedimentärer Gesteine nimmermehr ursprünglich in solcher Lage gebildet worden sein können.

Die Unebenheiten des Grundes eines jeden grösseren Bassins wurden nämlich durch die zuerst abgesetzten Sedimente sehr bald ausgeglichen, und die fernerweit zum Absatze gelangten Materialien fanden daher eine fast horizontale oder doch nur sehr sanft undulirte Fläche als Auflagerungsfläche vor, auf welcher sich ihre Schichten ausbreiteten. Nur gegen die Ränder des Bassins kann ein allmäliges Ansteigen der Schichten Statt finden.

Rozet hat besondere Versuche angestellt, um das Maximum der Neigung des Grundes zu bestimmen, auf welchem sich noch Niederschläge in einer ihm parallelen Lage absetzen können, und er schliesst aus diesen Versuchen, dass in der Regel mit 30° die Gränze erreicht wird, bei welcher diess noch möglich ist. Saussüre machte aufmerksam darauf, dass dergleichen in geneigter Lage abgesetzte Schichten nothwendig nach unten hin eine auffallende Zunahme ihrer Mächtigkeit zeigen müssen*), worauf auch die vorerwähnte Ausgleichung der vorhandenen Vertiefungen des Bassingrundes beruht, wie Lyell (*Elements of Geology, 2. ed. I, p.* 33) gezeigt hat. Unter gewissen Umständen dürfte eben so eine Vermächtigung nach oben anzunehmen sein, so dass dergleichen Schichten oft eine spitz keilförmige Gestalt zeigen werden. Daraus folgt aber, dass andere, eben so stark geneigte Schichten, welche in ihrer ganzen Ausdehnung vollkommene Parallelmassen von constanter Mächtigkeit darstellen, nicht füglich in solcher Lage gebildet worden sein können.

Man hat eingewendet, dass Schichten, deren Material als ein chemischer Niederschlag, oder durch unmittelbare Krystallisation zum Absatze gelangte, wohl eben so in steiler, verticaler und selbst überhängender Lage entstanden sein könnten, wie die Salzkrusten an den Wänden eines Gefässes, oder wie die Incrustationen an der Innenseite eines Dampfkessels. Wir möchten jedoch wissen, in welcher Weise diese, für die krystallinischen Ausfüllungen der Mineral- und Erzgänge, für den Kalksinter, und allenfalls noch für den Gyps und das Steinsalz zulässige Ansicht auch auf die Conglomerat- und Sandsteinschichten, auf die Mergel- und Schieferthonschichten anzuwenden ist, welche so häufig in den verwegensten Stellungen gen Himmel ragen.

Die Ausnahmen von der oben aufgestellten Regel kommen besonders an denjenigen Stellen der Bassinränder vor, wo die Einmündung der Flüsse über einen steil abfallenden Grund Statt findet; überhaupt da, wo sich in der Richtung irgend einer, mit Geröll, Sand und Schlamm beladenen Strömung quer vorliegende Abstürze oder Stufen des Bassingrundes einstellen, über welche diese Materialien fortgeführt werden. An solchen Stellen wird nämlich der hinausgeschwemmte Schutt nach den Gesetzen der Sturzkegel und Schwemmkegel (S. 363) abgesetzt werden müssen; es bildet sich hinter der Terrainstufe ein förmlicher Haldensturz aus, in welchem allerdings die einzelnen Schichten Neigungen bis zu 35° erhalten können. Aber, je weiter man von solchen Stellen hinausgeht, um so mehr verflachen sich die Schichten, um endlich mit immer abnehmender Neigung in horizontale Lage überzugehen.

*) *Voyages dans les Alpes*, §. 1211; derselbe Umstand ist schon von Fichtel, in seinen Mineralogischen Bemerkungen von den Karpathen, 1791, S. 421 als Beweis für die Aufrichtung der Schichten geltend gemacht worden.

Die Bildung solcher ursprünglich geneigten Schichtensysteme ist daher immer eine mehr oder weniger locale Erscheinung, welche in der Form von Deltas, von Schwemmkegeln oder Schwemmterrassen auftritt. Eben so sind die kegelförmigen Schichtensysteme der vulcanischen Eruptionskratere durch successive Aufschüttung der Schlacken und Lapilli, der Sand- und Aschenmassen unmittelbar in ihrer steilen Lage gebildet worden. Dasselbe gilt von den Dünen, jenen durch den Wind zusammengewehten Sandanhäufungen, welche auf ihrer Leeseite den Sand in Schichten von 30 bis 35° Neigung abgesetzt zeigen, und zuweilen in fortlaufende Sandterrassen übergehen *).

Endlich kommt es wohl auch zuweilen (jedoch nur in kleinerem Maassstabe) vor, dass da, wo Gesteinsschutt durch eine sehr heftige, in enge Räume eingepresste Fluth, in tumultuarischer Bewegung und mit grosser Schnelligkeit zusammengeschwemmt wurde, steil aufgerichtete Schichten entstanden, welche jedoch keilförmige oder andere sehr unregelmässige Formen, und eine sehr geringe Ausdehnung besitzen.

Zur Erläuterung des Vorkommens von geneigten Geröll- und Sandschichten hat De-la-Beche ein Experiment angestellt, indem er einen Bach in ein tiefer liegendes Bassin leitete, an dessen Rande sich die von dem Bache fortgeschwemmten Steine in geneigten Schichten absetzten. Egerton hat das, an der Ausmündung der Kander in den Thuner See gebildete und aus grobem Gesteinsschutt bestehende Delta gemessen, und gefunden, dass die Neigung desselben allmälig von 43° bis zu 28° abnimmt. Studer untersuchte sehr genau die, am westlichen Ende des Lungernsees durch einströmende Gebirgsbäche abgesetzten Schichten, und fand, dass die Geröll- und Grusschichten unter 35° geneigt waren, sich meist nach unten auskeilten, und dort an sehr wenig geneigte Schlammschichten anschlossen, deren Enden jedoch zwischen den Geröllschichten z. Th. unter 25° Neigung aufstiegen. Martins stellte am Aardelta bei Brienz, welches aus sehr feinen Sand- und Schlammschichten besteht, Messungen an, welche das Resultat lieferten, dass dasselbe am Rande des Sees 30°, in 300 Meter Entfernung nur noch 20° abfällt, und in 1200 Meter Abstand mit dem Grunde des Sees zusammenfällt.

Dass während langer Zeiträume unter ähnlichen Umständen, wie z. B. da, wo sich mehre Flüsse neben einander an steil abfallender Küste in tiefes Meer ergiessen, auch recht mächtige Schichtensysteme ausgebildet werden konnten, deren Schichten Neigungen von 20 bis 30° besitzen, diess ist gar nicht in Abrede zu stellen. So führt Lyell (a. a. O. p. 38) ein sehr interessantes Beispiel aus der Gegend von Nizza an, wo sich vom Fusse des Monte Calvo bis an die Seeküste eine fast zwei Meilen breite hügelige Terrasse ausdehnt, in welcher das Thal des Magnan eingeschnitten ist, und deren aus

*) Nach Elie-de-Beaumont und Le-Blanc giebt trockner Sand in der Luft aufgeschüttet eine Böschung von 35°; unter Wasser beträgt nach Martins diese Neigung nur 30°, weil die Sandkörner im Wasser schlüpfrig sind.

Sand, Mergel und Geröll bestehende, meist keilförmige Schichten alle unter 25° dem Meere zufallen. Es ist diess der innere, zur Emersion gelangte Theil eines grossen Deltas, welches ehemals von den Alpinischen Gewässern an der dortigen Steilküste gebildet wurde. — H. Rogers hält sogar die geneigte Schichtenlage des Sandsteins auf der südwestlichen Seite des Hudson für eine ursprüngliche. In dem ganzen Sandsteinbassin herrscht nämlich ein constantes nördliches Fallen von 15°, bis auf mehr als 4 Meilen Breite, während doch die ganze Bildung nicht in grosse Tiefe reicht, was besonders in Pennsylvanien sehr bestimmt zu erkennen ist, wo unter den Sandsteinschichten die älteren Gesteine hervortreten, welchen jene abweichend aufgesetzt sind. W. Rogers glaubt, dass dieselbe Sandsteinbildung in Virginien und Nordcarolina auf ähnliche Weise zu beurtheilen sei, da in dem ganzen Bassin durchaus nordnordwestliches Fallen herrscht, und die Schichten an solchen Stellen, wo das Untergebirge entblöst ist, mit unveränderter Neigung daran absetzen. Er meint daher, das Material dieser Sandsteinbildung sei durch eine von Südosten kommende Strömung zugeführt und fortwährend in nordwestlich geneigten Schichten abgesetzt worden. (*The Amer. Journ. of sc. vol.* 43, *p.* 170.) Eine ähnliche Ansicht äussert Darwin über den östlichen Rand der mächtigen Sandsteinformation des Plateaus der Blue-Mountains in Neu-Südwales; dieses Plateau senkt sich nämlich von 4000 Fuss Höhe ganz sanft nach Osten ein, und endigt zuletzt mit einem 1000 F. hohen Absturze, in welchem die Schichten mit grosser Regelmässigkeit unter demselben Winkel abfallen, wie die Plateaustufe selbst. Darwin glaubt daher, dass diese Stufe die ursprüngliche Gränze der Sandsteinbildung sei, indem dort der Meeresgrund einen steilen Abfall in die Tiefe hatte, an welchem die geneigten Schichten abgelagert wurden. Noch bemerkt er, dass auch im Westindischen Archipelagus die grossen Sediment-Ablagerungen mit 30 bis 40° geneigten Schichten endigen. (*Geol. obs. on the volc. islands, p.* 133.)

Es sind also besonders gewisse, theils vorweltliche, theils jetztweltliche Küstenstriche des Meeres oder der Landseen, längs welcher das Vorkommen von ursprünglich unter 20 bis 30° geneigten Schichtensystemen sedimentärer Gesteine gar nicht geläugnet werden kann. Diese Schichten sind jedoch häufig durch eine etwas unregelmässige Form, namentlich durch eine keilförmige Verschmälerung, entweder von unten nach oben, oder von oben nach unten ausgezeichnet, und besitzen keine grosse Ausdehnung in die Tiefe; weshalb sie zu dem merkwürdigen Lagerungsverhältnisse Veranlassung geben, dass auf fast horizontalem Grunde mächtige Decken aufliegen, welche von lauter geneigten Schichten gebildet werden.

Ganz anders verhält es sich jedoch mit jenen, über weite Landstriche, ja wohl über Hunderte von Quadratmeilen ausgedehnten Schichtensystemen, deren Schichten mit gleichmässiger Mächtigkeit als regelmässige Parallelmassen fortziehen, und selbst da,

wo sie in stark geneigten Stellungen angetroffen werden, durchaus keine auffallende Veränderung weder ihrer Mächtigkeit, noch ihrer petrographischen und paläontologischen Charaktere erkennen, wohl aber innerhalb derselben Schichten den allmäligen Uebergang aus der geneigten bis in die horizontale Lage verfolgen lassen. Solche Schichtensysteme sind es aber, welche die meisten Sedimentformationen in dem grössten Theile ihres Verbreitungsgebietes zusammensetzen, und für solche Schichtensysteme ist eine horizontale oder doch nur wenig geneigte Lage als die ursprüngliche und gesetzmässige zu betrachten, wie ausserordentlich abweichend auch ihre gegenwärtige von jener ursprünglichen Lage sein mag.

Wenn aber diese Ansicht als ein hinreichend begründetes geologisches Theorem anzusehen ist, und wenn die vorerwähnten Ausnahmen die Gränze von 35° Neigung nicht überschreiten, so ergiebt sich die unmittelbare Folgerung, dass in allen denjenigen Fällen, da wir steil aufgerichteten oder wohl gar vertical gestellten Schichten sedimentärer Gesteine begegnen, eine Dislocation, eine gewaltsame Störung ihres ursprünglichen Schichtenbaues eingetreten sein muss.

Conglomeratschichten, welche mit flachen, parallel liegenden Geschieben unter 70 oder 80° einfallen, wie z. B. jene der Steinkohlenformation von Hainichen und Ebersdorf in Sachsen, können nur durch eine Hebung oder Senkung in solche Lage versetzt worden sein. Müssen wir diess aber unbedingt für Conglomeratschichten zugeben, deren platte Geschiebe alle auf der hohen Kante stehen, so müssen wir es auch für die mit denselben Conglomeraten wechselnden Sandsteinschichten, so müssen wir es auch für andere Sandsteinschichten zugestehen, welche steil aufgerichtet sind, ohne gerade mit Conglomeraten zu wechseln. Es ist geradezu unmöglich, in solchen Fällen dem Gedanken an eine ursprüngliche Bildung verticaler Schichten Raum zu geben. Mit demselben Rechte, mit welchem wir ein Gestein ein klastisches nennen, weil seine Elemente Bruchstücke sind, mit demselben Rechte dürfen wir eine Sandsteinschicht eine dislocirte Schicht nennen, weil ihre Stellung eine verticale oder stark geneigte ist*).

*) Wir müssen uns daher ganz entschieden der herrschenden und allein rationellen Ansicht über die Entstehung der steil aufgerichteten Schichten anschliessen, für welche schon Fichtel und Saussüre so schlagende Gründe aufgestellt haben; obgleich noch vor wenigen Jahren in einer chemischen Zeitschrift erklärt wurde, dass es unter den Geologen zu einer Art von Monomanie geworden sei, keine Veränderung der Schichtenstellung ohne hebende Kraft von unten zu denken, woran sich der Wunsch knüpfte, dass man doch bald auch in der Geognosie, in „diesem aus einer crassen Empyrie (?) erst zur Wissenschaft sich empor arbeitenden Zweige der Naturforschung, einsehen lernen möge, wie mit Hypothesen nichts gewonnen werden könne.“ Annalen der Chemie und Pharmacie, Bd. 51, 1844, S. 265.

Dass aber Hebungen oder Senkungen ihres Fundamentes wirkliche Aufrichtungen der Schichten eines horizontalen Schichtensystemes zur Folge haben mussten, diess bedarf keines Beweises. Wenn z. B. durch Bewegungen der Erdkruste eine Spalte entstand, und der an der einen Seite dieser Spalte anliegende Theil aufwärts geschoben wurde, so mussten die obersten, horizontal abgelagerten Schichtensysteme längs dem Bruchrande der emporgedrängten Masse aufwärts geschleift werden; wenn aber vollends diese Bewegung, bei flacher Lage der Spalte, mit einer Ueberschiebung verbunden war, so konnten dadurch mächtige Schichtensysteme nicht nur zu einer verticalen, sondern sogar zu einer überkippten Stellung gelangen, indem die anfangs nur wenig erhobenen Schichten später von den nachschiebenden Massen vorwärts gedrängt, immer steiler aufgerichtet und endlich überstürzt wurden.

Auf diese Weise sind sehr viele Schichtenzonen von stark geneigter, verticaler oder überkippter Schichtenstellung zur Ausbildung gelangt; und, wenn wir jene grossartigen Verwerfungen und Ueberschiebungen, von denen im vorhergehenden Paragraphen die Rede war, als unbestreitbare Thatsachen zugestehen müssen, so sind wir auch genöthigt, die Aufrichtungen und Ueberstürzungen ganzer Schichtensysteme als nothwendige, von jenen Bewegungen der Erdkruste ganz unzertrennliche Ereignisse anzuerkennen.

Da nun die meisten Gebirgsketten, wie wir oben S. 402 f. gesehen haben, als die Wirkungen einer grossartigen Erhebung der Erdkruste längs einer oder mehrer Spalten zu betrachten sind, so können wir auch erwarten, den steil aufgerichteten Schichtenzonen besonders am Fusse der Gebirgsketten zu begegnen. Und so verhält es sich denn auch wirklich, wie man sich am Fusse fast eines jeden Gebirges überzeugen kann.

Wenn wir uns aus dem ebenen oder hügeligen Lande, welches einer Gebirgskette vorliegt, dem Fusse derselben nähern, so bemerken wir gewöhnlich, wie die Schichten der die Ebene constituirenden Gebirgsglieder sich allmälig heben, eine immer steilere Lage gewinnen, und zuletzt wohl bis zu senkrechter Stellung aufgerichtet sind. Steigen wir am Steilabfalle des Gebirges hinauf, so finden wir dort meist ganz andere Gesteine, welche dem entblösten, aber durch die vieltausendjährige Wirkung der Gewässer und Atmosphärilien zu Thälern und Jöchern gegliederten Querbruche des aus der Tiefe heraufgestiegenen Theiles der Erdkruste angehören. Haben wir aber die Höhe erreicht, so treffen wir nicht selten auf dem Rücken und jenseitigem Abfalle des Gebirges abermals das Schichtensystem der Ebene in schwach geneigter Lage, aber in einer, das Niveau der Ebene bedeutend übertreffenden Höhe.

Solche Verhältnisse sind es, wie sie in dem Diagramm Fig. I auf S. 410

dargestellt sind, wenn man dabei von den mit *c* bezeichneten Schichten absieht. In anderen Fällen wurde eine schmale Zone der Erdkruste aufwärts geschoben, wobei die zu beiden Seiten angränzenden Schichten eine mehr oder weniger starke Aufrichtung erfuhren, und daher am Fusse der Gebirgskette noch gegenwärtig in solcher Stellung angetroffen werden, wie es ebendaselbst Figur II zeigt. Das Erzgebirge in seinem östlichen Theile kann für den ersten Fall, die Kette der Pyrenäen für den zweiten Fall als Beispiel dienen.

Für die mit einer Ueberschiebung verbundene Gebirgserhebung liefert uns aber der Harz ein sehr lehrreiches Beispiel, an dessen nördlichem Fusse sich die sämmtlichen Sedimentformationen, vom Buntsandsteine an bis zur Kreide, im Zustande der Ueberkippung befinden. Die Grauwacke, dieses vorherrschende Gebirgsglied des Harzes, welche sammt den von ihr eingeschlossenen typhonischen Granitstöcken und zahlreichen Grünsteinbildungen aus der Tiefe heraufgeschoben wurde, liegt da, wo sie an den Buntsandstein angränzt, gleichfalls über ihm, wodurch, eben so wie durch die Ueberkippung aller Formationen, die Hinausschiebung desjenigen Theiles der Erdkruste, welchen wir gegenwärtig das Harzgebirge nennen, längs einer von Süden nach Norden aufsteigenden Spalte höchst wahrscheinlich gemacht wird.

Wir beschliessen diese Betrachtungen mit der Erläuterung eines von Elie-de-Beaumont entworfenen Querprofils der Vogesen in der Gegend von Saverne, welches De-Sivry bereits im Jahre 1782 sehr genau beschrieben hat. Die Vogesen werden nämlich in der Richtung N18°O nach S18°W (also beinahe in *hor.* 1,2 *red.* des bergmännischen Compasses) von einer 15 Meilen langen Dislocationsspalte durchsetzt, welche sich von Lemberg bei Pyrmasens über Saverne bis nach Saales verfolgen lässt, und ausser vielen anderen interessanten Erscheinungen (wie z. B. bei Saales die Heraufschiebung des Granites neben den Vogesensandstein) auch die Merkwürdigkeit zeigt, dass in ihrem nördlichen Flügel, von Saverne bis Lemberg, der östliche Gebirgstheil, in ihrem südlichen Flügel, von Saverne bis Saales, der westliche Gebirgstheil in ein höheres Niveau gerückt worden ist. In der Gegend von Saverne selbst stellt sich nun diese Verwerfung noch so heraus, wie es der folgende Holzschnitt zeigt.



a Vogesensandstein, *b* Buntsandstein, *c* Muschelkalk, *d* Keuper.

Der westlich von der Dislocationsspalte gelegene Gebirgstheil ist so weit heraufgeschoben worden, dass der Vogesensandstein den dort nur 1320 Fuss hohen Kamm des Gebirges bildet. Dadurch haben die Schichten desselben, so wie die ihm aufliegenden Schichten des Buntsandsteins, Muschelkalkes und Keupers eine sanfte Einsenkung nach Westen, gegen die Ebenen Lothringens erhalten. Der östliche Gebirgstheil ist dagegen in der Tiefe zurückgeblieben, hat jedoch eine sehr bedeutende Aufrichtung seiner Schichten erfahren, welche

bei der Emportreibung des Vogesensandsteins aufwärts gebogen und geschleift wurden. Saverne selbst liegt daher auf Muschelkalk, über welchem aber gegenwärtig der, ursprünglich weit tiefer liegende Vogesensandstein mehr als 600 Fuss aufragt. Denkt man sich die aufgerichteten Schichten des Muschelkalkes und Buntsandsteins in ihre ursprüngliche Lage zurückversetzt, so ergiebt sich, dass die ganze Erhebung des westlichen Gebirgstheils weit über 1000 Fuss betragen haben muss.

Wir haben nun noch eine sehr wichtige Frage zu erörtern. Alle bisher über die Schichtenaufrichtung angestellten Betrachtungen bezogen sich nämlich nur auf die Schichten sedimentärer Gesteine, es mögen dieselben von klastischer oder krystallinischer Natur sein. Es drängt sich uns aber die Frage auf, ob sich die ganz ähnlichen Verhältnisse jener räthselhaften geschichteten Silicatgesteine, welche wir in §. 208 einstweilen als kryptogene Gesteine aufgeführt haben, auf dieselben Vorstellungen zurückführen lassen; ob also die steilen, verticalen und fächerförmigen Schichtenzonen von Gneiss, Granulit, Hornblendschiefer Glimmerschiefer u. s. w. durchgängig als ursprünglich horizontale, und erst später dislocirte Schichtensysteme zu denken sind.

Wenn ein solches System von steil aufgerichteten kryptogenen Gesteinsschichten unmittelbar im Liegenden von sedimentären Schichten auftritt, und beide in concordanter Lagerung auf einander folgen, so möchte für die Stellung der kryptogenen Schichten kaum eine andere Erklärung zulässig sein, als diejenige, welche für die Stellung der sedimentären Schichten gilt.

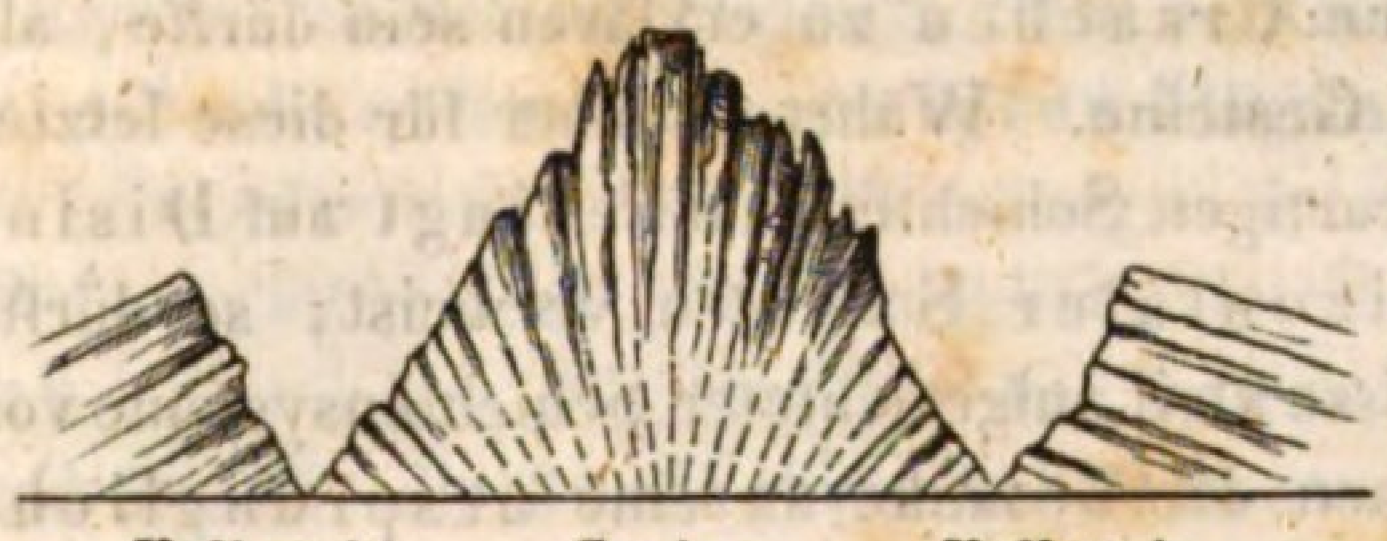
So beurtheilte schon Saussüre das Verhältniss der Gneissschichten des westlichen Thalgehänges bei Valorsine zu den Conglomerat- und Schieferschichten des östlichen Thalgehänges am Col-de-Balme. Wenn es erwiesen sei, sagt er, dass die Conglomeratschichten des östlichen Gehänges durch irgend eine Revolution aus der ursprünglichen horizontalen Lage zu verticaler Stellung gelangt seien, warum sollten da nicht auch die in ganz ähnlicher Stellung befindlichen Gneiss- und Glimmerschieferschichten des westlichen Gehänges ihre Stellung derselben Revolution zu verdanken haben. Und in der That ist es schwer, diese Folgerung zurückzuweisen. Aehnliche Beispiele sind auch aus vielen anderen Gegenden bekannt, wo z. B. Gneiss, Glimmerschiefer und Grauwackenschiefer in concordanter Lagerung über einander folgen, und eine gemeinschaftliche Aufrichtung erfahren haben; so dass es allerdings viele Vorkommnisse von steil aufgerichteten Schichten krystallinischer Silicatgesteine giebt, welche einer ganz ähnlichen Erklärung unterliegen dürften, wie die steil aufgerichteten Schichten sedimentärer Gesteine.

Allein in anderen Fällen ist eine solche Erklärung mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass man die Zulässigkeit derselben bezweifeln muss. Dahin gehören zuvörderst die fächerförmigen Schichtensysteme von Gneiss, Granitgneiss, Grünstein u. s. w., welche

zwischen Glimmerschiefer, Thonschiefer, oder auch zwischen unzweifelhaft sedimentären Gesteinen dergestalt eingekeilt sind, dass sich die zunächst an einander gränzenden Schichten des centralen Gesteins und der äusseren Gesteine in concordanter Lagerung befinden.

Diese Erscheinung findet z. B. in Norwegen für die Grünsteinkette am Samnangerfjord Statt, welche als eine steile fächerförmige Zone zwischen Glimmerschiefer und Gneiss eingeschlossen, und nach aussen als Grünsteinschiefer, in ihrer Mitte als grobkörniger Grünstein ausgebildet ist. Man begreift in der That nicht, wie die beiden aus Grünsteinschiefer bestehenden Flügel dieses Fächers aus einer ursprünglich horizontalen Lage in ihre gegenwärtige sehr steile Stellung versetzt werden konnten.

Weit auffallender sind die ähnlichen Erscheinungen, welche in den Alpen vorliegen, und besonders von Studer so genau studirt und so vortrefflich geschildert worden sind. In den Centralstöcken der Alpen ragen nämlich fächerförmige Schichtensysteme eines granitartigen Gneisses (S. 564), welcher stellenweise in vollkommenen Granit übergeht, zwischen sedimentären Schichten der Lias- und Juraformation dergestalt auf, dass die äusseren, zuweilen schon glimmerschieferähnlichen Flügel des Gneissfächers in gleichförmiger Lagerung dem Kalksteine aufliegen, während weiter auswärts die Kalksteine von der Centralkette wegfallen; daher denn die Querprofile dieser höchst merkwürdigen Architektur ungefähr so erscheinen, wie es der beistehende Holzschnitt darstellt. Hier scheint es fürwahr ganz unmöglich, für die centralen Gneissschichten eben so eine ursprünglich horizontale Lage vorauszusetzen, wie solche allerdings für die angränzenden Kalksteinschichten vorausgesetzt werden muss. Vielmehr gewinnt es das Ansehen, als ob die ganze Kette der Alpinischen Sedimentgesteine durch das Dazwischentreten dieses Centralgneisses wie durch einen Keil auseinander getrieben wurde, und dass dadurch auch jene Ueberschiebungen der, von diesem Gneisse wahrscheinlich ganz verschiedenen Gneissbildung entstanden sind, von welchen zu Ende des vorhergehenden Paragraphen die Rede war. Wenn aber diese Ansicht richtig ist, so könnte der Centralgneiss der Alpen wohl nur für eine eruptive Bildung erklärt werden.



Eben so räthselhaft erscheinen die zuweilen vorkommenden verticalen Schichtensysteme, welche zwischen anderen geschichteten Gebirgsgliedern von geneigter Schichtenstellung auf eine solche Weise eingeschlossen sind, dass sich die Schichten der letzteren an den senkrechten Schichten der ersteren abstossen.

Ein auffallendes Beispiel dieser Art liefert der südliche Theil der Sächsischen Granulitformation in dem $1\frac{1}{2}$ Meilen breiten Querschnitte von Wolkenburg nach Rusdorf. Die Schichten des Granulites stehen bei einem Streichen

von NO. nach SW. ziemlich vertical, indem sie nur hier und da nach der einen oder anderen Seite von der Verticale abweichen. Diese Stellung behaupten sie aber bis dicht an die Gränze gegen den Glimmerschiefer, dessen Schichten sich bei Wolkenburg unter 30°, bei Rusdorf unter 10° Neigung an den Granulit anlehnen. Eine solche Architektur scheint sich durchaus nicht in die Vorstellung zu fügen, dass alle diese, vertical neben einander hinstreichenden Granulitschichten ursprünglich horizontal lagen, und erst durch spätere Dislocationen in die verticale Stellung gelangten.

Endlich hat es auch seine grossen Schwierigkeiten, die oben S. 927 erwähnten, oft 10, 20, 30 und mehre Meilen breiten, dabei weit fortziehenden Schichtensysteme von steil aufgerichteten und verticalen Schichten kryptogener Gesteine, wie solche in Scandinavien, Finnland, Brasilien, Nordamerika und in anderen Ländern bekannt sind, als ursprünglich horizontale und erst später aufgerichtete Schichten zu betrachten. Es ist diess eine so ganz eigenthümliche Architektur, dass wir uns vor der Hand bescheiden müssen, sie als eine Thatsache anzuerkennen, deren genügende Erklärung der Wissenschaft bis jetzt noch unmöglich gewesen ist.

Es kommen also wirklich im Gebiete der krystallinischen Silicatgesteine viele Fälle vor, wo die steile und verticale Schichtenstellung durch ganz andere Ursachen zu erklären sein dürfte, als im Gebiete der sedimentären Gesteine. Während daher für diese letzteren das Vorkommen von derartigen Schichten unbedingt auf Dislocationen ehemaliger horizontaler Schichten verweist, so dürfte dagegen für viele Vorkommnisse steil aufgerichteter Schichtensysteme von krystallinischen Silicatgesteinen der Gedanke an eine ursprüngliche Ausbildung solches Schichtenbaues grosse Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Scheerer hat in einer sehr interessanten Abhandlung zu zeigen gesucht, dass die verticale Parallelstructur und Schichtung der krystallinischen Silicatgesteine wohl durch elektromagnetische Strömungen hervorgebracht worden sein möge; (Karstens und v. Dechens Archiv für Min. u. s. w. Bd. 16, 1842, S. 109 ff.). Eine ähnliche Ansicht ist schon früher von De-la-Beche aufgestellt worden, welcher glaubt, dass nicht nur die Structurflächen, sondern auch die parallelen Absonderungsflächen durch die Thätigkeit polarer Kräfte entstanden seien; wofür auch der Umstand spreche, dass die meisten Systeme von Absonderungsflächen in Cornwall und Devonshire sehr nahe mit der Richtung des magnetischen Meridianes zusammenfallen. Vielleicht seien die, den Erdmagnetismus bedingenden, den Erdball von Ost nach West umkreisenden elektrischen Ströme als eine Ursache jener Structur-Verhältnisse zu betrachten. (*Report on the Geol. of Cornwall etc.* 1839, *p.* 281.) Von demselben Gesichtspunkte scheint diese Erscheinungen auch Evan Hopkins, in seinem Werke *On the connexion of Geology with terrestrial Magnetism*,

aufzufassen, in welchem, nach denen mir bekannt gewordenen Auszügen, von einer allgemeinen Polarität der Materie, und von einer *meridional structure* der krystallinischen Gesteine viel die Rede ist. Die ähnlichen Ideen von Fox und Hunt werden wir in §. 249, bei der Betrachtung der transversalen Schieferung erwähnen.

§. 248. *Faltungen und Stauchungen mächtiger Schichtensysteme.*

Wie die steil aufgerichteten Schichten sedimentärer Gesteine unmöglich in solcher Stellung gebildet worden sein können, so gilt diess auch von den stark gewundenen und gefalteten Schichtensystemen, deren wichtigere Formen wir in §. 240, bei der Betrachtung des antiklinen und synklinen, des muldenförmigen und sattelförmigen Schichtenbaues kennen gelernt haben. Schon der Umstand, dass die Flügel dieser Schichtengebäude oft eine sehr steile, verticale und selbst überkippte Lage besitzen, liefert uns den Beweis, dass sie gleichfalls in das Gebiet der Gebirgsstörungen zu verweisen sind.

Wenn daher auch nicht geläugnet werden kann, dass ganz sanfte Undulationen der Schichten, wie solche z. B. bei der unbestimmt schwebenden Schichtenlage (S. 918) vorkommen, dass Mulden oder Sattel mit sehr schwach geneigten Flügeln, und mit sehr wenig concaven oder convexen Wendungen ursprünglich gebildet worden sind; so ist es doch ganz unmöglich, dieselbe Ansicht auch für jene steilen und tiefen Mulden, für jene scharfen und schroffen Sattel, und für alle die ähnlichen Schichtenzonen geltend zu machen, denen wir in der Gebirgswelt so ausserordentlich häufig begegnen. Für alle diese wunderbaren Formen ist unbedingt anzunehmen, dass sie das Werk eigenthümlicher und sehr gewaltsamer Bewegungen sind, welchen die Schichten, oft lange nach ihrer Bildung, unterworfen waren.

Diese Ansicht beruht nun aber auf der Voraussetzung, dass sich die Schichten noch in einem gewissen Zustande der Biegsamkeit befunden haben müssen, als sie von jenen Bewegungen ergriffen wurden. Zwar finden sich gar nicht selten förmliche Rupturen an denjenigen Stellen, wo das Maximum der Krümmung Statt fand; wenn aber auch diese Erscheinung einen schlagenden Beweis für die spätere und gewaltsame Ausbildung der Schichtenwindungen liefert, so folgt daraus noch keinesweges, dass die Schichten aller Biegsamkeit entbehrten; denn, wäre diess der Fall gewesen, so würde überhaupt gar keine Krümmung, sondern nur eine Zerbrechung und Zerreissung derselben eingetreten

sein. Die Dicke selbst sehr mächtiger Schichten, ist ja im Vergleich zu ihrer Länge und Breite eine so geringfügige Grösse, dass die meisten Schichten in ihrer Gesammtausdehnung mit ganz dünnen Lamellen verglichen werden können; und, wie eine sehr grosse Glastafel noch eine Biegsamkeit erkennen lässt, welche in einem kleinen Glasscherben unbemerkbar bleibt, so werden auch die meisten Gessteinschichten als mehr oder weniger biegsame Parallelmassen zu betrachten sein. Natürlich wird aber diese Biegsamkeit für weiche, milde und noch feuchte Gesteine in einem höheren Grade Statt finden, als für harte, spröde und völlig ausgetrocknete Gesteine.

In der That zeigen auch viele und mitunter recht alte Gesteine noch gegenwärtig eine sehr grosse Nachgiebigkeit und Verschiebbarkeit ihrer Theile. So besteht z. B. die Silurische Formation der Umgegend von Petersburg in ihrer unteren Etage aus einem dunkelblauen Thone, welcher fast so weich und zäh wie Töpferthon ist. Die Schieferthone der Steinkohlenformation erscheinen oft noch sehr nachgiebig und biegsam, und der Steinkohlenbergbau hat nicht selten mit Schwierigkeiten zu kämpfen, welche lediglich in dieser Eigenschaft begründet sind. Eine damit zusammenhängende Erscheinung sind die in den Englischen Kohlenbergwerken sogenannten *Creeps*, welche zugleich den Beweis liefern, dass solche Nachgiebigkeit und Biegsamkeit ihre Wirkungen innerhalb mächtiger Schichtensysteme äussern kann. Diese Creeps sind nämlich Anschwellungen und Eintreibungen des Schieferthons in die Gallerieen oder Strecken der Steinkohlenbergwerke, welche mit einer völligen Ausfüllung dieser Strecken endigen. Lyell schildert uns die Erscheinung so, wie sie bei Walls-end unweit Newcastle beobachtet worden ist. Dort baut man in 630 Fuss Tiefe ein $6^1/_2$ Fuss mächtiges, von Schieferthon bedecktes und unterteuftes Kohlenflötz wie gewöhnlich dadurch ab, dass man in dem Flötze selbst parallele Gallerieen oder Strecken aushaut, zwischen welchen breite Kohlenpfeiler stehen bleiben, die dann allmälig nachgerissen werden. In dem folgenden Holzschnitte bedeuten die weiss gelassenen Stellen *a*, *b* und *c* die Querschnitte solcher Strecken, während die schwarzen Stellen die noch anstehende Kohle bezeichnen. Durch die so entstandenen leeren Räume wird



nun der Druck der aufliegenden auf die unterliegenden Massen in Wirksamkeit gesetzt, und die Bildung der Creeps veranlasst. Das erste Symptom eines sich bildenden Creep besteht darin, dass der in der Sohle der Strecke anstehende Schieferthon eine aufwärts gewölbte Form annimmt (*a*); diese Wölbung wird allmälig immer stärker, so dass die ganze Streckensohle zu einer Sattelzone anschwillt, welche endlich der Länge nach aufberstet (*b*); die Aufrichtung beider Sattelflügel setzt sich aber fort, bis solche die Decke

oder Förste der Strecke erreichen (*c*); zuletzt wird die ganze Strecke, von der Sohle bis zur Förste, vollständig ausgefüllt.

Das Merkwürdigste bei dieser Erscheinung ist aber die grosse Tiefe, bis zu welcher sich ihre Wirkungen zu erkennen geben. Die tieferen Schichten folgen nämlich mit denjenigen Theilen, welche genau unter einer im Hauptflötze befindlichen Strecke liegen, den Bewegungen des Creep in mehr oder weniger bedeutendem Grade, wie solches bei *b* und *c* angedeutet ist; die Fortpflanzung dieser Bewegung geht aber so weit, dass von einem, 54 Fuss tiefer liegenden Kohlenflötze einzelne Streifen, genau von der Breite und Richtung der im Hauptflötze ausgehauenen Strecken, abgelöst und aufwärts gedrängt werden. Ja, bis zu 150 Fuss Tiefe lassen sich die Spuren dieser Bewegung und der mit ihr verbundenen Verrückungen verfolgen. — Auch ist die Langsamkeit und Ruhe bemerkenswerth, mit welcher diese Bewegungen vollzogen werden, indem oft viele Wochen, ja wohl Monate vergehen, bevor ein solcher Creep von der Sohle einer Strecke bis an ihre Förste hinaufgerückt ist.

Jedenfalls aber beweisen diese, in Folge der einseitigen Aufhebung des Druckes, durch ein 150 Fuss mächtiges System von Schieferthon- und Sandsteinschichten reichenden Bewegungen und inneren Verschiebungen, dass dergleichen Schichten noch heutzutage eine gewisse Biegsamkeit und Nachgiebigkeit besitzen, daher sie dieselben Eigenschaften in früheren Zeiten gewiss in einem weit höheren Grade besessen haben. Dass diess für die Steinkohlenflötze insbesondere der Fall gewesen ist, dafür führt Daubuisson einen Beleg aus der Gegend von Mons an, wo ein Kohlenflötz an der Stelle eines Sattelrückens eine cylindrische Krümmung von nur 3 Meter Halbmesser erfuhr, ohne die geringste Unterbrechung seines Zusammenhanges zu erleiden. Auch die dem Schieferthone oft so nahe stehenden Grauwackenschiefer und Thonschiefer, die Kieselschiefer und Quarzite, die Kalksteine und Mergel müssen sich ehemals in einem weit biegsameren Zustande befunden haben; wie die vielfachen, in grösserem und kleinerem Maassstabe vorkommenden Windungen ihrer Schichten beweisen. Für den Kieselschiefer verweisen wir auf das oben Seite 919 gegebene Bild; am Quarzite aber sah Darwin cylindrische Windungen, welche sich durch einen Quadranten erstreckten, obwohl der Krümmungshalbmesser nur 7 Fuss betrug.

Es ist also gar nicht zu bezweifeln, dass sehr viele Schichten noch gegenwärtig eine hinreichende Flexibilität besitzen, um Biegungen zu gestatten, dass aber die meisten Schichten ehemals diese Eigenschaft in einem weit höheren Grade besassen, als gegenwärtig, und dass verschiedene Gesteine in dieser Hinsicht ein verschiedenes Verhalten gezeigt haben werden, indem einige der Biegung leichter nachgeben konnten, als andere.

Wenn also ein Schichtensystem, welches aus abwechselnden Schichten von sehr grosser und sehr geringer Biegsamkeit besteht, einer Biegung unterworfen worden ist, so konnte es geschehen, dass die ersteren Schichten ohne irgend eine Ruptur gebogen wurden, während die letzteren dabei in lauter einzelne Stücke zerbrachen. Ein Beispiel dieser Art erwähnt Lyell aus der Gegend

zwischen San-Caterina und Castrogiovanni in Sicilien, wo ein aus weichem Mergel und aus Gyps bestehendes Schichtensystem sattelförmige Biegungen zeigt, welchen die Mergelschichten stetig folgen, wogegen die Gypsschichten in lauter einzelnen Schollen zerrissen und aus einander gezogen sind.

Da sich übrigens in einem jeden gebogenen Schichtensysteme die inneren, der Krümmungsaxe näheren Schichten unter ganz anderen Verhältnissen befanden, als die äusseren, von der Krümmungsaxe entfernteren Schichten; da diese letzteren einer weit stärkeren Spannung und Ausstreckung unterworfen waren, als die ersteren; und da diese Ausdehnung an den Stellen des Maximums der Curvatur am grössten gewesen sein muss; so können wir erwarten, dass namentlich die äusseren Schichten eines gekrümmten Schichtensystems an diesen Stellen sehr häufig eine förmliche Ruptur erlitten haben, in Folge welcher das ganze Schichtensystem dort zum Aufklaffen gelangt ist.

Diese Rupturen finden sich daher gewöhnlich an der Stelle der Sattelrücken und der Muldenbäuche, und erscheinen im ersteren Falle nicht selten als Thäler, im letzteren Falle meist nur als Gewirre von wild durcheinander geworfenen, zermalmten Fragmenten der betreffenden Schichten; wie z. B. die sogenannten *slashes*, in den Steinkohlenrevieren von Pembrokeshire, und ähnliche Erscheinungen, welche Héron de Villefosse aus dem Steinkohlengebirge der Grafschaft Mark in Westphalen beschrieb.

Indem wir uns nun zu einer Untersuchung der Ursachen wenden, durch welche der gewundene und gefaltete Schichtenbau hervorgebracht worden ist, müssen wir nochmals den bereits oben S. 926 erwähnten Umstand hervorheben, dass nämlich da, wo dieser Schichtenbau in grösserem Maassstabe und in vielfacher Wiederholung zur Ausbildung gelangt ist, in der Regel ein paralleles Streichen aller Mulden und Sattel, aller antiklinen und synklinen Schichtenzonen Statt findet; weshalb sich auch die ganze Architektur gewissermaassen als eine solche bezeichnen lässt, welche durch eine cylindrisch gefaltete Fläche repräsentirt wird, in deren wellenförmigem Querschnitte die Maxima und Minima der senkrechten Coordinaten den Sattelrücken und Muldenkielen entsprechen. Es ist diess ein Umstand, welchen schon Hutton und Playfair in seiner ganzen Wichtigkeit erkannten.

Nun folgt aber mit mathematischer Nothwendigkeit aus den ganzen Verhältnissen seines Baues, dass ein solches cylindrisch gewundenes und gefaltetes Schichtensystem gegenwärtig einen kleineren Flächenraum einnimmt, als in seiner ursprünglichen horizontalen Lagerung. Weil aber die Abweichungen von der Horizontale nicht in der Richtung des Streichens, sondern in der Richtung des Fallens und Steigens der Schichten eingetreten sind, so können wir für die Ausbil-

dung eines solchen Schichtenbaues gar keine andere Ursache voraussetzen, als eine ganz allgemeine, rechtwinkelig auf die dermaligen Streichlinien eingetretene laterale Pressung, Zusammenschiebung und Stauchung des Schichtensystemes in seiner vollen Mächtigkeit. Dadurch musste nothwendig ein System von parallelen Falten und zugleich eine Aufstauung der Massen herbeigeführt werden, kraft welcher sie auf ein etwas kleineres Areal zusammengedrängt wurden, als vorher.

James Hall hat im Kleinen ganz ähnliche Schichtungsverhältnisse durch ein sehr einfaches Experiment hervorgebracht, bei welchem ein System von horizontalen und biegsamen Schichten seitwärts zusammengepresst wurde. Er breitete nämlich viele Schichten von Tuch und Leinwand über einander aus, beschwerte das ganze System durch eine mit grossen Gewichten belastete Tafel und liess nun die Massen seitwärts scharf gegen einander treiben. Die horizontalen Lagen wurden dadurch verschiedentlich aufgerichtet, und auf das Seltsamste gebogen und gewunden, so dass dadurch im Kleinen ganz ähnliche Profile entstanden, wie man sie im Grossen am Grauwackenschiefer der Schottischen und Englischen Küsten beobachtet.

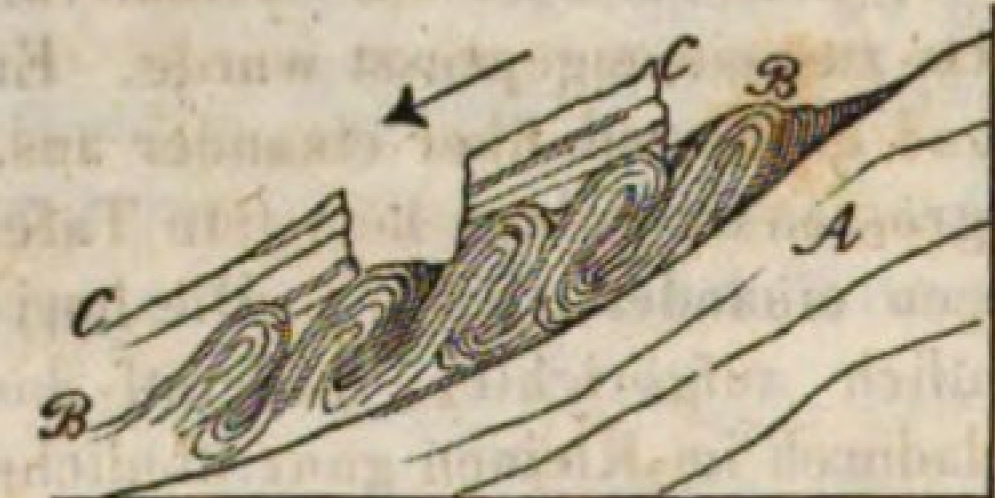
Noch haben wir endlich die Frage zu beantworten, welche Kräfte es wohl gewesen sind, durch welche diese lateralen Convulsionen ganzer Schichtensysteme, von oft vielen tausend Fuss Mächtigkeit und vielen Quadratmeilen Ausdehnung, verursacht wurden. Die Schwerkraft war es gewiss, welche in den meisten Fällen die Hauptrolle gespielt hat; während in anderen Fällen die Gewalt plutonischer Emportreibungen oder auch jene aufwärts gerichteten Bewegungen einzelner Theile der Erdkruste mit im Spiele gewesen sein mögen, welche wir in den vorhergehenden beiden Paragraphen kennen gelernt haben, und deren wir auch in allen Fällen bedürfen, um die Wirkung der Schwerkraft erst in Thätigkeit denken zu können.

Einseitige Erhebungen des Untergrundes, auf welchem ein horizontales, in seinen Gesteinen noch biegsames und verschiebbares Schichtensystem abgelagert ist, werden nothwendig, sobald die Hebung einen solchen Grad erlangt hatte, dass die Auflagerungsfläche in die Lage einer hinreichend schiefen Ebene versetzt worden war, ein allgemeines Herabgleiten des ganzen Schichtensystemes und eine Aufstauung und Faltung desselben in der Richtung der Falllinie der schiefen Ebene verursachen müssen.

Wir wollen uns vorstellen, dass auf dem Boden des Meeres ein tausend Fuss mächtiges System von horizontal ausgebreiteten Sand- und Schlammschichten abgesetzt worden sei, und dass durch irgend eine Ursache ein Theil des Meeresgrundes aus seiner ursprünglichen Lage gerückt wurde, wodurch

das Schichtensystem in eine geneigte Lage versetzt wird. Da seine Massen noch einen hohen Grad von Weichheit, Biegsamkeit und innerer Beweglichkeit besitzen, so muss nothwendig ein Drängen derselben von oben nach unten entstehen, und das ganze System wird ein Bestreben erhalten, auf der schiefen Ebene herabzugleiten; seine tiefsten Theile werden von den nachdrängenden oberen Theilen seitwärts zusammengepresst, und da ihnen kein völliges Ausweichen gestattet ist, so werden sie sich manchfaltig emporrichten und aufstauen, krümmmen und winden, in und über einander schieben, und alle die seltsamen Undulationen hervorbringen, wie sie so oft in der Wirklichkeit zu beobachten sind.

Wir können uns die Sache ungefähr so denken, wie sie durch beistehendes Diagramm versinnlicht wird. Indem nämlich das ursprünglich horizontal gelagerte Schichtensystem *B* durch die einseitige Aufrichtung seiner Unterlage *A* in eine geneigte Lage gelangte, so erfolgte eine Herabgleitung und innere Convulsion desselben, durch welche die auffallendsten Windungen und Faltungen seiner Schichten entstanden, deren Streichlinien jedoch dem Streichen der schiefen Ebene parallel sein werden, in deren Aufrichtung die eigentliche Ursache der ganzen Erscheinung zu suchen ist. Es ist möglich, dass die schiefe Ebene später fast in ihre ursprüngliche Lage zurücksank; dann wird aber die gewundene Architektur des Schichtensystems als ein Monument der ehemals Statt gefundenen Bewegung rückständig geblieben sein. War über dem biegsamen Schichtensysteme *B* ein anderes, aus starren und sehr festen Schichten bestehendes System *C* abgelagert, so wird der Druck desselben die Convulsionen des ersteren noch gewaltsamer gemacht haben, während es selbst vielleicht nur grosse Zerreissungen erlitt, wie solches in dem Holzschnitte angedeutet ist.



Dass aber wirklich viele Schichtungswindungen auf diese Weise zu erklären sind, dafür liefern uns diejenigen Fälle einen sehr schlagenden Beweis, wo eine und dieselbe Aufrichtung zugleich ein flexibles und ein starres Schichtensystem betroffen hat. Ein recht auffallendes Beispiel der Art erwähnt Conybeare von der Insel Portland, an der Südküste Englands. Dort liegen die weichen, thonigen Schichten des Purbekmergels (des untersten Gliedes der Wealdenformation) auf den harten und festen Schichten des Portlandkalkes; beide sind aber unter 45 bis 60° geneigt. Während nun die Schichten des Portlandkalkes nur tafelartig aufgerichtet, aber noch ganz eben ausgedehnt sind, so erscheinen die Schichten des Purbekmergels sehr auffallend gewunden und gefaltet; zum Beweise, dass die Aufrichtung so weicher Schichten ein Drängen und Zusammenschieben derselben in der Richtung der Falllinie zur Folge hatte. Ganz ähnliche Beispiele sind mehrfach im Gebiete der Englischen Steinkohlenformation bekannt, wo die Schieferthonschichten oft stark gewunden zwischen tafelartig aufgerichteten Schichten des Sandsteins oder Kalksteins vorkommen.

In anderen Fällen sind die grossartigen Schichtenwindungen durch Eruptionen massiger Gesteine, oder überhaupt durch Empor-

treibungen der tieferen Theile der Erdkruste bewirkt worden. Wenn sich z. B. ein Schichtensystem an irgend eine Gebirgskette anlehnt, und mitten in seinem Gebiete, in nicht zu grosser Entfernung von der ersten, eine zweite Parallelkette aufstieg, oder ein grosser typhonischer Stock eines eruptiven Gesteins eindrang, so wurde der zwischen beiden Gebirgsketten enthaltene Theil desselben auf einen kleineren Raum zusammengedrängt, wodurch, so wie durch die mit der Hebung verbundene einseitige Aufrichtung der Schichten eine Stauchung und Faltung derselben herbeigeführt werden musste. Ganz besonders werden auch grossartige Ueberschiebungen, z. B. in der Weise, wie sie am Harze Statt gefunden haben, für die vorliegenden horizontalen Schichtensysteme nicht nur die, oben S. 982 erwähnte Aufrichtung und Ueberkippung der unmittelbar angränzenden Schichtentheile, sondern auch eine weit hinaus reichende Faltung und Stauchung der entfernteren Schichtentheile zur Folge gehabt haben.

Auf solche Weise konnten Structur-Verhältnisse verursacht werden, wie sie der nachstehende, von Ansted entlehnte Holzschnitt versinnlichen soll.



Das links aufragende Gebirge hatte vielleicht schon bei seiner Emportreibung eine grosse Störung des Schichtenbaues verursacht; später wurde das in der Mitte aufragende Gebirge emporgedrängt, und dadurch trat eine neue Störung ein, welche um so auffallendere Windungen des Schichtenbaues bewirkte, weil sie zugleich mit einer lateralen Zusammenpressung des ganzen, zwischen beiden Gebirgen eingeklemmten Schichtensystems verbunden war.

Studer ist geneigt, die eigenthümliche Structur des Schweizer Juragebirges, welches ein grosses System von langgestreckten Mulden und Satteln, von antiklinen und synklinen Zonen darstellt, durch eine solche, von den Alpen bei ihrer Erhebung ausgeübte Lateralpressung zu erklären, und sucht durch nachstehenden Holzschnitt die gegenseitigen Verhältnisse dieser beiden Gebirge



Alpen Jura

zu erläutern. Da in den Centralstöcken der Alpen so manche Beweise vorliegen, dass an vielen Stellen eine gewaltsame keilförmige Auseinandertreibung der ganzen colossalen Kette Statt gefunden hat, so scheinen dort allerdings die Bedingungen zu ungeheuren Lateralpressungen und Ueberschiebungen in einem solchen Maasse vorhanden gewesen zu sein, dass sich deren Wirkungen wohl bis in die Regionen des Jura erstrecken konnten.

In welchem colossalen Maassstabe aber dergleichen Convulsionen des ursprünglichen Gebirgsbaues oft Statt gefunden haben, dafür liefert uns nicht nur der ausserordentlich gewundene Schichtenbau der Sedimentgesteine der Alpen, und des, nur aus sedimentären Schichten bestehenden Juragebirges, sondern fast ein jedes grössere, aus solchen Schichten zusammengesetzte Gebirge mehr oder weniger auffallende Beweise.

Auch im Gebiete der geschichteten krystallinischen Silicatgesteine, also der hypogenen oder kryptogenen Gesteine, wiederholen sich ganz ähnliche Erscheinungen, welche wenigstens in solchen Fällen einer ähnlichen Erklärung unterliegen dürften, wo sich diese Gesteine als blose metamorphische Sedimentgesteine interpretiren lassen.

Als ein sehr interessantes Beispiel für grossartig ausgebildete Faltungen des Gebirgsbaues ist auch, nach den Untersuchungen der Gebrüder Rogers, die Kette der Alleghanies in Nordamerika zu betrachten, von welcher der nachstehende Holzschnitt eine Profildarstellung giebt.



In diesem Profile bedeutet der Theil *AB* die Atlantische Ebene, der Theil *BC* den Atlantischen Abhang, und der Theil *CD* die eigentliche Kette der Alleghanies. Die von *A* bis *D* vorliegenden und mit Zahlen bezeichneten Formationen aber sind folgende:

1) Miocäne Tertiärbildung.
2) Eocäne Tertiärbildung.
3) Kreideformation.
4) Neuer rother Sandstein.
5) Steinkohlenformation.
6) Devonische Formation.
7) Silurische Formation.
8) Gneiss, Glimmerschiefer etc.

Man sieht, welche gewaltsame Convulsionen der ganze Schichtenbau der älteren Sedimentformationen, wahrscheinlich durch die Heraufschiebung des östlich angränzenden Gneissgebietes, erlitten hat.

Die vorhergehenden Betrachtungen beziehen sich wesentlich nur auf den vielfach gefalteten Gebirgsbau, in welchem viele parallele Mulden und Sattel zu einem grösseren Systeme combinirt sind. Die einfachen Mulden, welche zuweilen vorkommen, sind theils einzelne, in Folge späterer Zerstörungen und Wegführungen völlig isolirte Ueberbleibsel eines solchen grösseren Systemes, theils auch die Resultate partieller, von zwei Seiten, bisweilen auch nur von einer Seite her erfolgten Hebungen und Aufrichtungen der Schichten.

Endlich giebt es aber auch sehr viele, isolirte und dabei ganz flache Mulden und Bassins, deren sanft geneigte und den allgemeinen Gesetzen des umlaufenden Schichtenbaues entsprechende Schichtenstellung

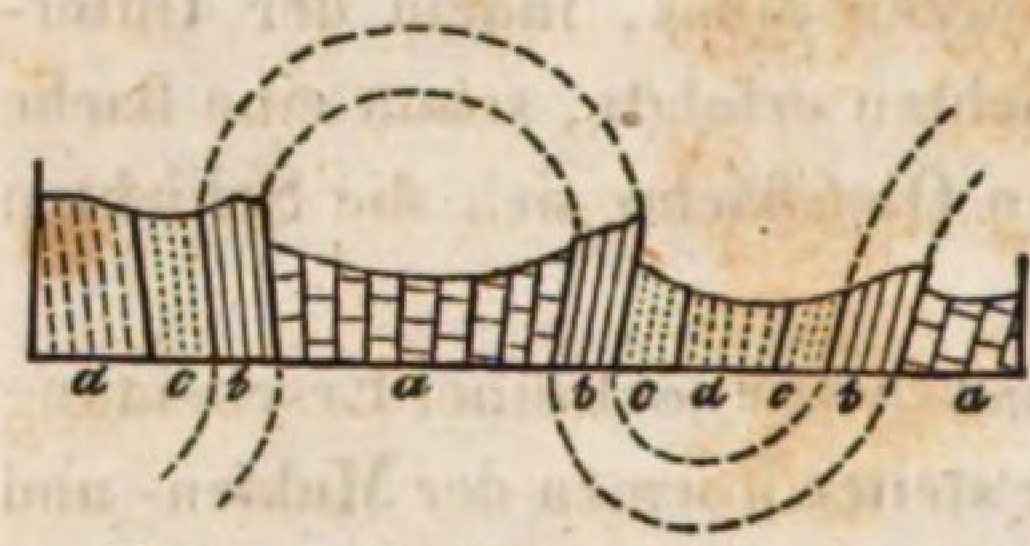
als eine ursprüngliche betrachtet werden muss, indem der Untergrund, auf welchem der Absatz ihrer Schichten erfolgte, schon eine flache bassinförmige Vertiefung darstellte, deren Oberfläche sich die Schichten mehr oder weniger conformirten.

Zum Schlusse dieses Paragraphen müssen wir noch einer Erscheinung gedenken, welche zuweilen durch die sehr steilen Formen der Mulden- und Sattelbildung hervorgebracht wird, und eine sorgfältige Berücksichtigung verdient, weil ihre Nichtbeachtung sehr leicht zu grossen Fehlschlüssen verleiten kann. Es ist diess die mehrfache Repetition derselben Schichten innerhalb eines und desselben Profiles; also ein, der mehrfachen Repetition der Schichtenausstriche (S. 975) analoges Verhältniss.

In dem Profile eines Sattels oder einer Mulde erscheint nämlich eine jede Schicht zwei Mal, weil sie in jedem Flügel vorhanden ist. Wenn nun der Sattel oder die Mulde noch vollständig erhalten und zugleich hinreichend aufgeschlossen ist, so wird man nicht leicht Gefahr laufen, die in beiden Flügeln auftretenden correlaten Theile einer und derselben Schicht für zwei verschiedene und von einander unabhängige Schichten zu halten. Wenn aber der Sattelrücken bis zu grosser Tiefe zerstört und weggeführt ist, so kann man, zumal bei sehr steiler und fast paralleler (daher auch besonders bei heterokliner) Lage der Sattelflügel, das ganze Schichtensystem leicht mit einer parallelen oder fächerförmigen Schichtenzone verwechseln, und die correlaten Schichtentheile für selbständige Schichten halten.

Man pflegt wohl solche Sattel, deren oberer Theil in Folge späterer Zerstörungen verschwunden ist, Luftsattel zu nennen, weil ihr Rücken über der jetzigen Erdoberfläche zu suchen ist. Dass übrigens auch bei den Mulden ganz ähnliche Täuschungen vorkommen können, wenn der Muldenbauch nicht sichtbar ist, und die Flügel eine sehr steile und fast parallele Lage haben, diess versteht sich von selbst. Liegen also in einem Profile mehre dergleichen Sattel und Mulden unmittelbar hinter einander, so wird sich die Gelegenheit zur Täuschung vervielfältigen, und eine und dieselbe Schicht viele Male wiederholen, so dass man z. B. viele Kohlenflötze voraussetzen könnte, wo am Ende nur eines existirt. Dass aber ein solches Missverständniss auf sehr falsche, ja zuweilen auf höchst verkehrte und paradoxe Interpretationen des ganzen Gebirgsbaues führen kann, diess liegt am Tage, und dürfte die etwas ausführlichere Erwähnung dieses nicht so ganz selten vorkommenden Verhältnisses rechtfertigen.

Zur Erläuterung desselben mag folgendes interessante Profil dienen, welches Chamousset aus der Gegend von Entrevernes mittheilt; (*Bull. de la soc. géol.* 2. *sér. I*, 1844, *p.* 815). Die unteren Schichten der Kreideformation, die sogenannten Neocomschichten, welche nach unten durch *Spatangus retusus*, nach oben durch *Chama ammonia* ausgezeichnet sind, werden dort von den Schichten des Nummulitenkalkes bedeckt, über welchen endlich



a Neocomschichten mit *Spatangus retusus*,
b Dieselben mit *Chama ammonia*,
c Nummulitenschichten,
d Fucoidenschichten.

die des Fucoidensandsteins folgen. Aber dieser ganze Schichtencomplex bildet in der Gegend von Entrevernes eine sehr steile Mulde, und in der Vallée du Charbon einen sehr steilen nnd sogar fächerförmig erscheinenden Sattel. Der Rücken dieses Sattels ist jedoch gänzlich zerstört, und der Muldenbauch ist so gänzlich verdeckt, dass nur die steil aufgerichteten Theile ihrer beiderseitigen Flügel zu beobachten sind, und das ganze Schichtensystem gar leicht für eine fächerförmige oder auch für eine parallele Schichtenzone gehalten werden könnte. Die punktirten Linien, welche die einzelnen Theile der durch *Chama ammonia* charakterisirten Schichten mit einander verbinden, zeigen, auf welche Art dieses Profil eigentlich zu beurtheilen ist, welches ausserdem ganz unerklärlich sein würde.

§. 249. *Transversale Schieferung und parallele Zerklüftung.*

Die bereits oben S. 516 f. beschriebene transversale Schieferung ist allerdings insofern mit in die Kategorie der Störungen zu verweisen, wiefern sie sich als eine, lange nach der Bildung, ja sogar erst nach der Aufrichtung und Faltung der Schichten entstandene Erscheinung zu erkennen giebt. Aber freilich ist sie eine Störung ganz eigenthümlicher Art; eine Störung, welche nicht die äusseren Formen, sondern die innerste Structur der Gesteine betroffen, und weit mehr auf die Herstellung einer allgemeinen Regelmässigkeit dieser Structur, als auf die Hervorbringung von Unregelmässigkeiten hingearbeitet hat. Ja, man kann behaupten, dass sich in ihren Wirkungen geradezu ein Bestreben zur Ausgleichung aller jener Unregelmässigkeiten der Gesteinsstructur offenbart, welche durch die Aufrichtungen und Windungen der Schichten hervorgebracht wurden.

Dass die transversale Schieferung erst lange nach der Bildung, d. h. nach dem ursprünglichen Absatze der betreffenden Schichten zur Ausbildung gelangt ist, diess ergiebt sich schon daraus, weil sie in gar keiner nothwendigen Beziehung zu der Ausdehnung und Lage der Schichten steht; wie solches doch mit der normalen Schieferung der Fall ist, welche sich stets der Schichtung parallel erweist. Dass sie aber auch erst nach der Dislocation der Schichten eingetreten sein kann, diess beweist ihre völlige Unabhängigkeit von denjenigen Formen des Schichtenbaues, welche durch jene Dislocation herbeigeführt worden sind. — Der einzige Zusammenhang, welcher bis jetzt zwischen der Schichtung und

der transversalen Schieferung nachgewiesen wurde, besteht darin, dass beide dieselbe Streichrichtung behaupten; woraus sich die, durch vielfache Beobachtungen vollkommen bestätigte Folgerung ziehen lässt, dass die Erscheinung in einem gewissen Causalnexus mit den Dislocationslinien und Dislocations-Ursachen stehen muss. Auch glauben Murchison und Sedgwick das Gesetz erkannt zu haben, dass die Schieferung in der Regel eine steilere Lage hat, als die Schichtung.

Eine höchst auffallende und, man kann wohl sagen, staunenswerthe Thatsache ist aber die grosse Beständigkeit und Regelmässigkeit, mit welcher die transversale Schieferung durch weit ausgedehnte und mächtige Schichtensysteme hindurchsetzt, ohne in ihrer Richtung auf irgend eine Weise von der Lage der Schichten geleitet oder abgelenkt zu werden. Durch ganze Gebirgsketten lässt sie sich in ungestörter Lage verfolgen; die Schichten mögen diese oder jene Neigung haben, mögen in den manchfaltigsten Sattel- und Muldenformen auf- und niedersteigen: die Schieferung behauptet eine constante Lage, und durchschneidet daher die Schichten, namentlich in den Satteln und Mulden, unter allen möglichen Winkeln von 0 bis 90°. Nur längs den Schichtenfugen beobachtet man nicht selten eine kurze Biegung oder Undulation der Schieferung. Wenn aber die Schiefer mit anderen Gesteinen, z. B. mit Schichten von Sandstein, Grauwacke oder Kalkstein abwechseln, so wird in diesen Zwischenschichten die Schieferung entweder unterbrochen, oder durch eine gleichsinnige transversale Plattung ersetzt.

In dem nachstehenden Holzschnitte stellen die stärkeren, gebogenen Linien die Lage der Schichten, die schwächeren, geraden Linien die Lage der Schieferung vor; man sieht, dass die letztere die ihr einmal zukommende Richtung mit starrer Consequenz behauptet, ohne sich irgendwie durch die Lage der Schichten bestimmen zu lassen. Und so ist es oft in meilenweit fortsetzenden Profilen zu beobachten. Sedgwick hat z. B. in England, in einem Districte von 30 Engl. Meilen Länge, und 8 bis 10 Meilen Breite, wo alle Schichten verdreht und gewunden sind, die Schieferung ohne alle Abweichung von einem Ende bis zum anderen in paralleler Richtung nachgewiesen; und ähnliche Beispiele sind aus so vielen Gegenden bekannt, dass die ganz eigenthümliche Gesetzmässigkeit der Erscheinung und ihre völlige Unabhängigkeit von der Lage der Schichten gar nicht bezweifelt werden kann. Diese Beständigkeit der Richtung widerlegt auch die früher von Bakewell aufgestellte und von Eaton adoptirte Ansicht, dass die Schieferung die Schichten unter dem constanten Winkel von 60° durchschneide; vielmehr kommen alle mögliche Winkel vor, und wenn es auch meistentheils schiefe Winkel sind, so kann und



muss doch auch stellenweise die Schieferung rechtwinkelig durch die Schichten gehen, während sie ihnen an anderen Stellen parallel wird.

Wenn aber behauptet worden ist, die transversale Schieferung sei eine so ganz allgemeine und nothwendige Erscheinung, dass das Vorkommen der normalen Schieferung überhaupt in Zweifel gestellt werden müsse, so ist man offenbar zu weit gegangen. Denn erstens ist die transversale Schieferung ein, fast nur in den ältesten Sedimentgesteinen der Thonschieferformation, der Silurischen und Devonischen Formation vorkommendes Structurverhältniss; zweitens scheint sie besonders nur in stark dislocirten Schichtensystemen aufzutreten, welche freilich in den genannten Formationen als die gewöhnlichen zu betrachten sind; und drittens sind selbst aus diesen Formationen sehr viele Fälle bekannt, wo die Schieferung der Schichtung durchgängig parallel ist.

So bemerkt z. B. Cumming in seiner Beschreibung der Insel Man, dass er im dortigen Thonschiefer nirgends eine Discordanz zwischen Schichtung und Schieferung beobachtet habe; Hausmann erklärt gleichfalls, dass am Harze beide in der Regel parallel sind, was wir für die Schiefer- und Grauwacken-Regionen Sachsens bestätigen können. Dasselbe fand Durocher auf grosse Strecken in der Bretagne, Macculloch vielorts in Schottland, De-la-Beche bei Linton und Barnstaple in Devonshire, Baur im Rheinischen Schiefergebirge, und v. Dechen erklärte sich gleichfalls gegen die Allgemeinheit der Erscheinung, welche Sedgwick zur Regel erheben wolle, während man sie früher nur als Ausnahme von der Regel betrachtet habe. Dass sie in solchen Gegenden beobachtet worden sei, wo diese alten Schichten noch ihre ursprüngliche horizontale Lage besitzen, ist mir nicht bekannt. In den Schichten der neueren Sedimentformationen ist sie aber, eben so wie in den Schichten der krystallinischen Silicatgesteine, gewiss nur äusserst selten vorgekommen*), obwohl in einem jeden schieferigen Sedimentgesteine die eine Bedingung zur Möglichkeit ihrer Ausbildung gegeben ist.

Ueber die Ursache der transversalen Schieferung sind verschiedene Ansichten aufgestellt worden. Boué suchte solche in einer Einwirkung eruptiver Massen, welche durch ihre hohe Temperatur in den Schiefergesteinen auf ähnliche Weise die Schieferung verursachten, wie bisweilen Basaltgänge den angränzenden Sandstein in parallele Platten abgesondert haben; auch ist Sharpe nicht abgeneigt, wenigstens in gewissen Fällen eine Mitwirkung jener Temperatur zu gestatten. De-la-Beche vermuthete, dass es vielleicht die polaren Kräfte des Erdmagnetismus waren, welche die Schieferung hervorbrachten, und gedenkt

*) Eine merkwürdige Ausnahme bildet die, nach Darwin der Kreideformation angehörige, mächtige und ausgedehnte Schieferbildung des Feuerlandes.

dabei des bekannten Versuches von Fox, welcher in feuchtem Thone, durch sehr lange unterhaltene galvanische Ströme, eine auf der Richtung derselben rechtwinkelige Schieferung erzeugte; (von der jedoch Lyell bemerkt, dass sie *very imperfect* gewesen sei). Aehnliche Versuche sind später von Robert Hunt an verschiedenen weichen, und selbst an festen Massen mit ähnlichem Erfolge wiederholt worden, weshalb auch er dieselbe Erklärung anzunehmen scheint. Sedgwick, Darwin und Herschel neigen sich mehr zu der Ansicht, dass es eine innere, (durch Wärme oder durch chemische Verwandtschaften hervorgerufene) Molecularthätigkeit gewesen sei, durch welche eine, nach bestimmten Richtungen geordnete Umkrystallisirung eintrat, deren Erfolg sich als Schieferung kund giebt.

Wenn wir jedoch bedenken, dass die transversale Schieferung nur in stark dislocirten Schichtensystemen vorkommt, dass sie in der Regel ein mit den Schichten übereinstimmendes Streichen beobachtet, dass also ihr Streichen, eben so wie das dieser Schichten, den grossen Dislocationslinien parallel ist, so finden wir uns offenbar auf einen inneren Zusammenhang verwiesen, welcher zwischen diesem räthselhaften Structurverhältnisse und jenen grossen Bewegungen und Lateralpressungen obwaltet, die bei der Ausbildung des gewundenen Schichtenbaues in Thätigkeit gewesen sind. Wir müssen es demnach für sehr wahrscheinlich halten, dass die transversale Schieferung als das Resultat einer, durch gewaltige Lateralpressungen verursachten Umsetzung der ursprünglichen Parallelstructur oder normalen Schieferung zu betrachten ist, welche, vermöge der Fortpflanzung jenes enormen Druckes, innerhalb der noch hinreichend weichen und in ihren kleinsten Theilen verschiebbaren Schichten erfolgte, und wesentlich darin bestand, dass sich diese kleinsten Theile rechtwinkelig auf die Richtung des Druckes stellten.

Diese Ansicht, deren Zulässigkeit sich durch zweckmässige Experimente prüfen lassen würde, ist wohl zuerst mit einiger Bestimmtheit von Baur für das Rheinische Schiefergebirge ausgesprochen worden (Karstens und v. Dechens Archiv, Bd. 20, 1846, S. 398 ff.), indem er die Erscheinung aus einer inneren Spannung der Massen erklärte, welche da eintrat, wo solche durch einen Druck auf einen kleineren Raum zusammengedrängt wurden. Bei der Dislocation des Rheinischen Schiefergebirges wurde dasselbe einem gewaltigen Drucke unterworfen, der von Süden nach Norden wirkte; dieser Druck erzeugte die Sattel und Mulden, die Ueberschiebungen und Verwerfungen, und brachte in den Schichten eine innere Spannung hervor, welche die Ursache der Schieferung ist. Die Richtung der Schieferung musste sich durch die Richtung des Druckes bestimmen, auf welcher sie möglichst rechtwinkelig ist; da sich nun die Richtung des Druckes im Ganzen gleich blieb, so erklärt sich

daraus der auffallende Parallelismus der Schieferung über grosse Räume. Im Jahre 1847 hat Daniel Sharpe, gestützt auf sehr genaue Untersuchungen über den Zusammenhang, welcher zwischen der Stauchung und Verdrückung der organischen Formen, und zwischen der Lage der Schieferung Statt findet, gleichfalls das Resultat gefolgert, dass die Gesteinsmasse eine Compression rechtwinkelig auf die Ebene der Schieferung erlitten haben müsse, während er zugleich auf eine Expansion oder Streckung derselben in der Richtung der Falllinie jener Ebene schliesst, und zuletzt das Gesetz aufstellt, dass jene Compression der Schiefermassen durch diese Expansion compensirt worden sei; (*Quarterly Journal of the Geol. Soc. III*, 1847, *p.* 87 ff.). Endlich hat auch Hopkins ganz neuerdings die schieferige Structur durch die Wirkungen eines inneren Druckes zu erklären versucht.

Eine mit der transversalen Schieferung einigermaassen verwandte Erscheinung ist die parallele Zerklüftung, welche so viele Gesteine erkennen lassen. Diese Zerklüftung darf wohl nicht mit der plattenförmigen Absonderung identificirt werden, von welcher sie sich dadurch unterscheidet, dass die Klüfte eine weit grössere Ausdehnung besitzen, auch gewöhnlich in grösseren Intervallen auftreten, und bei geschichteten Gesteinen die Schichten mehr oder weniger rechtwinkelig durchschneiden. Das Merkwürdige bei dieser Erscheinung, welche übrigens auch bei Graniten, Porphyren und anderen eruptiven Gesteinen vorkommt, ist nun aber, dass sie oft durch grosse Ablagerungen eine auffallende Beständigkeit ihrer Richtung erkennen lässt, weshalb De-la-Beche vermuthet, dass sie gleichfalls durch eine allgemein wirkende Ursache hervorgebracht worden sein müsse.

Oft ist es nur ein einziges System von parallelen Klüften, durch welches grosse Gesteinsmassen in lauter parallele Bänke abgesondert erscheinen; noch öfter sind es zwei dergleichen Systeme, welche dann gewöhnlich fast rechtwinkelig auf einander sind, und daher bei geschichteten Gesteinen die quaderförmige Absonderung bedingen.

Schon Saussüre hat sich mit dieser Zerklüftung beschäftigt. Er glaubte, dass die in stark geneigten Schichten vorkommenden, und daher fast horizontalen Kluftsysteme sich zu einer Zeit gebildet haben müssen, da die Schichten noch horizontal lagen, weil die verticale Stellung solcher Klüfte in horizontalen Schichtensystemen den Beweis liefere, dass sie hauptsächlich durch die Wirkung der Schwerkraft, in Folge entweder von Senkungen oder von Neigungen des Untergrundes entstanden sind; eine Ansicht, auf welche auch Ramond durch seine Beobachtungen in den Pyrenäen geleitet wurde.

Druck von Breitkopf und Härtel in Leipzig.

KOENIG

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Naumann, Carl Friedrich,

Lehrbuch der Geognosie

Bd.: 1

Leipzig (1850)

Lith. 314 qd-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10284276-7